



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“MODELO BASADO EN AGENTES DE LAS RESPUESTAS DE LOS
AGRICULTORES FRENTE A PUNTA MORADA DE LA PAPA (*Solanum
tuberosum*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA

Autor:

Herrera Toaquis Jazmin Alexandra

Tutor:

Ing. Quimbiulco Sánchez Klever Mauricio. Mg.

Asesor:

Ing. Navarrete Cueva Israel M. Sc

LATACUNGA-ECUADOR

Septiembre -2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Herrera Toaquisa Jazmin Alexandra** con C.C. 172551611-4 declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“MODELO BASADO EN AGENTES DE LAS RESPUESTAS DE LOS AGRICULTORES FRENTE A PUNTA MORADA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**. Siendo el Ingeniero Mg. Klever Mauricio Quimbiulco Sánchez, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 14 de septiembre del 2020

Herrera Toaquisa Jazmin Alexandra

CC: 172551611-4

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte Herrera Toaquisa Jazmin Alexandra, identificada/o con C.C. N° 172551611-4, de estado civil **soltera** y con domicilio en Quito, parroquia Guamaní, barrio San Fernando a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Agronómica**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de investigación** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. -

Fecha de inicio: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Aprobación del Consejo Directivo: 07 de Julio 2020

Tutor. - Ing. Klever Mauricio Quimbiulco Sánchez. Mg.

Tema: “Modelo basado en agentes de las respuestas de los agricultores frente a Punta Morada de la papa (*Solanum tuberosum*) en la provincia de Cotopaxi”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 14 días del mes de septiembre del 2020.

Herrera Toaquis Jazmin Alexandra

LA CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“MODELO BASADO EN AGENTES DE LAS RESPUESTAS DE LOS AGRICULTORES FRENTE A PUNTA MORADA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Herrera Toaquisa Jazmin Alexandra de la carrera Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 14 de septiembre del 2020

Ing. Klever Mauricio Quimbiulco Sánchez. Mg.

TUTOR DEL PROYECTO

CC: 1709561102

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: **Herrera Toaquisa Jazmin Alexandra**, con el título del Proyecto de Investigación: **“MODELO BASADO EN AGENTES DE LAS RESPUESTAS DE LOS AGRICULTORES FRENTE A PUNTA MORADA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 14 de septiembre del 2020

Lector 1 (Presidente)
Ing. David Carrera M. Sc
CC: 0502663180

Lector 2
Ing. Francisco Chancusig Mg. Sc
CC: 050188392-0

Lector 3
Ing. Giovana Paulina Parra Gallardo Mg.
CC: 050410702-0

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el apoyo brindado y sus lecciones de vida. En especial a mi madre, por haberme enseñado que con esfuerzo y constancia todo se consigue, y darme fuerzas para no caer.

A mis hermanas por sus consejos, palabras de ánimos y no dejarme mirar hacia atrás.

A la carrera de Ingeniería Agronómica por abrirme sus puertas y permitirme formarme como ser humano y profesional y haberme dado el privilegio de conocer personas extraordinarias.

Al Centro Internacional de la Papa, por toda su gentileza al permitirme ser parte de tan prestigiosa institución y permitirme colaborar en su ardua labor.

A Israel Navarrete, que sin su ayuda y conocimiento no hubiese sido posible realizar este proyecto, por su confianza y paciencia, sus palabras de ánimos y sobre todo por creer en mí.

Al Ing. Klever Quimbiulco, mi tutor de tesis, por su paciencia, confianza, ya que a pesar de que casi desvanezco en el camino me ha dado fuerzas para seguir en la lucha.

A Lorena por ser mi amiga en las buenas y las malas, la que con sus regaños y palabras motivadoras no ha dejado darme por vencida.

Jazmin Alexandra Herrera Toaquisa

DEDICATORIA

En primer lugar, dedicar este triunfo a Dios por darme sabiduría y fuerzas para vencer los obstáculos que se han presentado en mi vida logrando así, el haber terminado mi formación profesional como Ingeniera Agrónoma.

A mis padres Carmen y Mario por haberme enseñado y convertido en el gran ser humano que ahora soy, que con sus palabras sabias me han hecho mirar la vida de manera distinta, me han mostrado que un resbalón no es caída y que si me caigo debo ser valiente y enfrentar las circunstancias con valentía.

A mis hermanas Jhoanna y Tatiana por su apoyo incondicional y por haberme dado un poco de su fuerza para no quedarme en el camino, motivándome para seguir adelante.

A mis sobrinos Yair y Tayra por haberme brindado momentos de locura que con su carisma se han convertido en mi más grande inspiración.

A Robinson por apoyarme con sus palabras de aliento y extenderme su mano cuando me sentía derrotada.

Jazmin Alexandra Herrera Toaquisa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: Modelo basado en agentes de las respuestas de los agricultores frente a punta morada de la papa (*Solanum tuberosum*) en la provincia de Cotopaxi.

AUTOR: Herrera Toaquisa Jazmin Alexandra

RESUMEN

Punta morada de la papa (PMP) ha afectado a diferentes zonas paperas del Ecuador. Esta enfermedad está reduciendo la productividad de los cultivos de papa e influyendo en el modo de vida de los agricultores. Por esta razón, los agricultores se encuentran implementando respuestas para mitigar este problema. Con el objetivo de entender mejor el efecto de las respuestas de los agricultores en la presencia de PMP, este proyecto busca responder a las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son las respuestas de los agricultores frente a la presencia de punta morada en papa? y ¿Cómo las respuestas de los agricultores influyen en la presencia de PMP y del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)?. Para esto se realizaron dos estudios: (1) una encuesta a 22 agricultores pertenecientes a la provincia de Cotopaxi y (2) un modelo basado en agentes con 3 escenarios usando la información proveniente del primer estudio. Los escenarios fueron: (1) Sin intervención, (2) Cambio de cultivo, y (3) aumento de pesticidas para su control. Los resultados de la encuesta mostraron que, para mitigar el problema de punta morada, los agricultores están cambiando de cultivos (41% de agricultores encuestados), aumentando las aplicaciones de pesticidas (41% de agricultores), cambiando sus variedades (45% de agricultores) y cambiando sus fuentes de semilla (12% de agricultores encuestados). Los resultados del modelo mostraron que cuando el agricultor no implementa ninguna respuesta, la enfermedad y la población de psíldos se incrementa, mientras que la productividad de papa va disminuyendo paulatinamente a nivel de paisaje. Si el agricultor opta por cambiar su cultivo o aumentar el uso de pesticidas, la presencia de PMP y del psílido de la papa disminuye, y el rendimiento empieza a incrementar indistintamente de la respuesta. El efecto de las respuestas de los agricultores dependió del nivel de permisividad a la presencia de PMP en el paisaje. Al no ser permisivo a la enfermedad, el agricultor rápidamente toma una decisión. Mientras que al tener media y alta permisibilidad a la enfermedad el agricultor esperará a que los cultivos de sus vecinos se encuentren infectados para empezar a decidir. Esta investigación permitió concluir que el agricultor busca la manera de adaptarse y que sus respuestas influyen en la variación de punta morada de la papa. Además, los resultados de esta investigación permitieron entender que es necesario entender como las respuestas de los agricultores influyen en la presencia de PMP en el paisaje antes de diseñar intervenciones agrícolas (e.g., mejoramiento de políticas). Basados en los resultados de esta investigación se recomienda realizar estudios en diferentes zonas paperas del Ecuador para conocer como ellos responden a PMP. También se recomienda utilizar el modelo construido en esta investigación para definir estrategias de manejo de PMP.

Palabras claves: Modelo, adaptación, agricultor, Punta morada, psílido.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND
NATURAL RESOURCES
AGRONOMY ENGINEERING DEGREE

THEME: Agent-based model of farmers' responses to potato purple top (*Solanum tuberosum*) in Cotopaxi province.

Author: Herrera Toaquisa Jazmin Alexandra

ABSTRACT

Potato purple top (PPT) has affected different potatoes zones in Ecuador. This disease is reducing the productivity of potato crops and influencing on farmers' lifestyle. For this reason, farmers are implementing responses to mitigate this problem. In order to better understand the effect of the farmers' responses in front of PPT, this project seeks to answer the following research questions: ¿Which are the farmers' responses in front of the purple tip of the potato? And How do the farmers' responses influence the PTP and the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*)?. Therefore, two studies were conducted: (1) a survey to 22 farmers belonging to Cotopaxi province and (2) an agent-based model with 3 scenarios using the information from the first study. The scenarios were: (1) With out intervention, (2) Crop change and (3) Pesticide increase. The survey results showed that to mitigate the purple tip problem, the farmers are changing crops (41% of farmers surveyed), increasing the uses of pesticides (41% of farmers), changing their varieties (45% of farmers) and changing their seed source (12% of farmers surveyed). The model results showed that when the farmer does not implement any response, the disease and the psyllid population increase, whereas the potato productivity gradually decreases at landscape level. If the farmer opts to change his crop or increase the use of pesticides, the presence of PPT and the potato psyllid decrease and the productivity begins to increase regardless of the response. The effect of the farmers' responses depended on tolerance level to the presence of PPT at landscape. By not tolerating the disease, the farmers make a decision quickly. Meanwhile, by not having a median and high tolerance to the disease, the farmer will wait until your neighbors' crops are infected to start deciding. In this research it is concluded that the farmer looks for a way to get adapted and his responses influence the purple tip variation of the potato. Moreover, this research results demonstrated that it is necessary to understand how the farmers' responses influence the presence of PPT at landscape before designing the farming intervention (e.g., policy improvement). Based on this research results it is recommended to do studies in different potato zones from Ecuador to know how they respond to PPT. It is also recommended to use the models built in this research to define PPT management strategies.

Keywords: Model, adaptation, farmer, purple top, psyllid.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
3. JUSTIFICACIÓN.....	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1. Objetivo general.....	6
6.2. Objetivos específicos	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA	8
8.1. Antecedentes de punta morada de la papa	8
8.2. Importancia y distribución de PMP	8
8.3. Reportes de punta morada en el Ecuador.....	9

8.4.	Respuesta de los agricultores frente a diferentes estreses biofísicos	10
8.4.1.	Métodos utilizados por los agricultores para controlar el gusano cogollero	11
8.4.2.	Respuesta de agricultores frente al tizón tardío	12
8.5.	Respuestas de adaptación a la sequía	13
8.6.	Diversidad en la percepción y gestión de los riesgos de la agricultura en el sur de Malí	13
8.7.	Situaciones de adaptación	14
8.8.	Diferencias de género en las prácticas de control de Fall armyworm	16
8.9.	Diferencias de género en las respuestas de los agricultores a la adaptación al cambio climático en el distrito de Yongqiao, China	16
8.10.	Antecedentes de los Modelos basados en agentes	17
8.11.	Definición de modelo	18
8.12.	Modelos basados en agentes	18
8.13.	Componentes de los modelos basados en agentes	19
8.14.	Importancia de los MBA	19
8.15.	Modelado de la complejidad social	20
8.16.	Protocolo ODD	20
8.17.	Componentes del Protocolo ODD	21
8.17.1.	Propósito	21
8.17.2.	Entidades, Variables de Estado y Escalas	21
8.17.3.	Visión general de los procesos y programación	22
8.17.4.	Conceptos de diseño	22

8.17.5.	Entradas	22
8.18.	Software NetLogo	22
8.19.	Elementos del software NetLogo	22
8.20.	Biblioteca de modelos	23
8.21.	Agentes.....	23
8.22.	Los agentes de NetLogo	23
8.23.	Importancia.....	24
9.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS	24
10.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
10.1.	Tipo de investigación	25
10.2.	Encuesta a agricultores.....	25
10.3.	Modelo basado en Agentes	26
10.3.1.	Modelo teórico.....	26
10.4.	Búsqueda de artículos relacionados a la respuesta de los agricultores a enfermedades agrícolas.....	26
10.5.	Variables de estudio	27
10.6.	Construcción del modelo.....	27
10.7.	Descripción del modelo.....	28
10.7.1.	Propósito.....	28
10.7.2.	Agentes y variables de evaluación.....	28
10.7.3.	Escalas de espacio y tiempo	29
10.7.4.	Visión global y planificación temporal de los procesos	30

10.7.5.	Inicialización del modelo.....	33
10.7.6.	Funcionamiento del modelo	35
10.9.	Implementación de modelo basado en agentes.....	36
10.10.	Escenarios del modelo.....	36
11.	RESULTADOS	38
11.1.	Encuestas individuales	38
11.2.	Análisis del modelo.....	40
11.2.1.	Escenario 1: Cambio de cultivo.....	41
11.2.2.	Escenario 2: Aumento de pesticidas.....	42
11.3.	Variación de la población del psílido.....	44
11.4.	Variación de la productividad del cultivo de papa en el ambiente.....	46
11.5.	Variación de los agricultores que adoptan el cambio de cultivo.....	48
11.6.	Variación de agricultores que aumentan sus aplicaciones	49
11.7.	Discusión.....	51
11.7.1.	Desarrollo de la enfermedad de punta morada en los campos de los agricultores	51
11.7.2.	Dinámica de población de psílicos.....	51
11.7.3.	Variación de productividad	52
11.7.4.	Variación de agricultores que cambian de cultivo y aumento de pesticidas	52
12.	PRESUPUESTO.....	53
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
13.1.	Conclusiones	54

13.2.	Recomendaciones.....	55
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	56
15.	ANEXOS.....	64
	Anexo N. ° 1. Encuesta a productores.....	64
	Anexo N. ° 2. Código del modelo.....	65
	Anexo N. ° 3. Aval de traducción.....	67
	Anexo N. °4. Hoja de vida del tutor.....	68
	Anexo N. °5. Hoja de vida del postulante.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades por objetivos	6
Tabla 2. Rango de valores estándar del modelo	34
Tabla 3. Escenarios del modelo, respuestas de los agricultores.	37
Tabla 4. Frecuencia del tipo de respuesta estudias frente a PMP	39
Tabla 5. Presupuesto estimado para la realización del proyecto investigativo	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama general del código	30
Figura 2 Diagrama del modelo teórico computacional	32
Figura 3. Interfaz del modelo en NetLogo que muestra el estado inicial de la simulación.....	33
Figura 4. Interfaz del modelo en NetLogo que muestra las respuestas del agricultor en la simulación.....	34
Figura 5. Frecuencia de respuesta de los agricultores frente a PMP, en la provincia de Cotopaxi.	38
Figura 6. Variables evaluadas en el escenario control (Sin intervención). (A) Dinámica de cultivos de papa (B). Dinámica poblacional de psíldos y (C) productividad.....	41
Figura 7. Dinámica poblacional del cultivo de papa, (7A) Sin intervención, 7B, E) No permisividad (7C, F) Permisividad media, (7D, G) Permisividad alta.....	43
Figura 8. Dinámica poblacional del psílido, (8A) Sin intervención, (8B, E) Permisividad baja (8C, F) Permisividad media, (8D, G) Permisividad alta	45
Figura 9. Dinámica de productividad del ambiente, (9A) Sin intervención, (9B, E) Permisividad baja (9C, F) Permisividad media, (9D, G) Permisividad alta.....	47
Figura 10 Número de agricultores optan por el cambio de cultivo, Permisividad baja (6A) Permisividad media, (10B) Permisividad alta (10C).....	49
Figura 11 Número de agricultores optan por el aumento de pesticidas, (11A) Permisividad baja, (11B) Permisividad media, (11C) Permisividad alta.	50

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Modelo basado en agentes de las respuestas de los agricultores frente a punta morada de la papa (*Solanum tuberosum*) en la provincia de Cotopaxi

Fecha de inicio:

Mayo 2020

Fecha de finalización:

Septiembre 2020

Lugar de ejecución:

Centro Internacional de la papa (CIP)

Unidad Académica que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado:

Proyecto de investigación de cultivos andinos rubro papa.

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto: Jazmin Alexandra Herrera Toaquisa

Tutor: Ing. Klever Mauricio Quimbiulco Sánchez. Mg.

Asesor: Ing. MSc. Israel Navarrete Cueva

Lector 1: Ing. David Santiago Carrera Molina. MSc

Lector 2: Ing. Francisco Chancusig Mg. Sc

Lector 3: Ing. Giovana Paulina Parra Gallardo Mg.

Coordinador del Proyecto

Nombre: Jazmin Alexandra Herrera Toaquisa

Teléfonos: 098456550

Correo electrónico: jazmin.herrera6114@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura-Silvicultura Pesca y Producción agropecuaria

Línea de investigación:

Línea 2: Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Línea de vinculación

Gestión de recursos naturales biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y social.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Los pequeños y grandes productores de la provincia de Cotopaxi se enfrentan a la presencia de Punta morada de la papa (posteriormente se referirá a PMP). PMP es una enfermedad que está afectando la producción en diferentes zonas paperas del Ecuador. Las pérdidas puede alcanzar hasta 90% y en ocasiones, pueden llegar hasta el 100% de su producción (Parga *et al.*, 2011). Sin embargo, no se ha estudiado a profundidad como los agricultores responder a este problema.

Para esto se realizaron dos estudios: primero se montó una serie de encuestas programadas para empezar a realizar el modelo, lo cual estaba establecido realizar 82 encuestas distribuidas en 4 cantones (Salcedo, Latacunga, Saquilisi y Pujilí) de la provincia de Cotopaxi, pero por motivos de la pandemia (COVID-19) que está afectando el mundo entero en la actualidad. No se pudo cumplir con el cronograma de actividades preestablecido, es por eso que se suspendió el levantamiento de las encuestas insitu y se terminó realizando 22 encuestas las cuales se ejecutaron en el campo CEASA en un programa de capacitación a agricultores y segundo un modelo basado en agentes con 3 escenarios usando la información proveniente del primer estudio y la respectiva revisión bibliográfica, en la cual se determina las respuestas de adaptación mencionadas por los agricultores.

También para comprender como estas posibles respuestas de los agricultores afectan a PMP se realiza un estudio de paisaje y simulación. En el cual se desarrolló un modelo basado en agentes (ABM) para simular la dinámica de la enfermedad de PMP utilizando el software NetLogo, además se pretende conocer como los agricultores se adaptan y como estas respuestas influyen en la mitigación de este problema, y así se pueda contribuir a responder a las preguntas de investigación.

3. JUSTIFICACIÓN

La papa ha sido por milenios un cultivo de alta procedencia en el Ecuador. Hoy en día, los agricultores del país siembran anualmente cerca de 66.000 hectáreas de este cultivo. Sin embargo, situaciones recientes de producción han contribuido a que el cultivo enfrente problemas que han causado dificultades en los campos de pequeños y grandes productores.

Punta morada de la papa es una enfermedad que está afectando diferentes zonas paperas del Ecuador, provocando la pérdida de su producción. Sin embargo, al no existir cuantiosa información sobre como los agricultores se adaptan a problemas agrícolas, se decidió realizar la presente investigación, analizando dos respuestas obtenidas en las encuestas realizadas en la provincia de Cotopaxi. Por esta razón, a través de un modelo basado en agentes, se evaluó las siguientes medidas: cambio de cultivo y aumento de pesticidas, para determinar cómo estas respuestas influyen en la presencia de punta morada de la papa.

Con esta investigación, se contribuye al conocimiento de tomadores de decisión para mejorar las intervenciones agrícolas y mitigar la enfermedad de PMP. Además, este trabajo tiene como finalidad conocer como los agricultores se adaptan y como estas respuestas influyen en PMP y como la creación del modelo contribuye a la toma de decisiones. La investigación también puede servir para futuros proyectos, ayudando a mitigar problemas y determinar de como el agricultor responde o toma medidas de adaptación.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los modelos basados en agentes es un método computacional que permite simular problemas agrícolas con grandes resultados que pueden aprovechar los estudiantes de Agronomía. Siendo los principales beneficiarios de este proyecto los agricultores ya que ellos toman medidas de adaptación y hacen frente al muchos problemas que perjudican sus cultivos de papa.

Por otro lado, la Universidad Técnica de Cotopaxi, se verá beneficiada, ya que se podrá realizar trabajos similares que pueden ser aprovechadas desde el punto de vista académico y/o investigativo. Además, se podrá optar por la utilización de estos modelos y el software NetLogo para la simulación de aspectos sociales, ecológicos, naturales, biológicos, etc. En las diferentes carreras de la facultad.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en nuestro país enfrenta a un nuevo problema llamado PMP. Este es un problema que está afectando la producción en diferentes zonas paperas, están causando pérdidas cercanas al 90% en el rendimiento en las principales áreas de producción de papa en Ecuador. Según el Ministerio de Agricultura (1986), PMP ha estado en el Ecuador probablemente durante unos 34 años. La presencia de esta enfermedad en su primera descripción fue leve y esporádica. Punta morada emergió en 2012-2013 en la provincia de Carchi. Dos brotes serios de la enfermedad ocurrieron en 2015-2016 y en 2018-2019 (Navarrete, et al., 2020). Se estima que el 25% de los campos de papa fueron afectados por la punta morada en 2018, y el 19% en 2019. (Navarrete *et al.*, 2018). En Ecuador, punta morada se ha convertido en un problema de importancia desde el 2012. Sin embargo, hasta ahora existe evidencia del impacto de este problema en la vida de los agricultores.

Por esta razón, estudios indican que grandes agricultores están haciendo frente a este problema mediante el uso intensificado de insecticidas para controlar el vector asociado a PMP. También están cultivando la papa en lugares de gran altitud (páramo), lo que puede tener efectos desastrosos en la biodiversidad (Navarrete, 2020). Además, pequeños agricultores están experimentando: (1) grandes pérdidas de sus cultivos, (2) sustituyendo o cambiando cultivos. Asimismo, como el Ecuador es uno de los lugares con mayor diversidad de papa, los pequeños agricultores están perdiendo variedades locales de papa, volviéndose más susceptibles al problema. Por consiguiente, conocer el comportamiento de los agricultores frente a PMP es importante para saber cómo estos comportamientos o respuestas ayudan a mitigar la enfermedad y saber que el agricultor si busca la manera de adaptarse.

Sin conocer como los agricultores han respondido a dicho problema no es posible saber que prácticas de los agricultores hay que mejorar. En este sentido las preguntas de investigación de este trabajo de investigación son: ¿Cuáles son las respuestas de los agricultores frente a la presencia de punta morada en papa? y ¿Cómo las respuestas de los agricultores influyen en la presencia de PMP? Indistintamente permitirá responder las preguntas de investigación y determinar que el agricultor está implementando respuesta de adaptación que influye en la mitigación de la enfermedad.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo general

Generar un modelo para visualizar las respuestas de los agricultores ante la presencia de punta morada de la papa (*Solanum tuberosum*) mediante el software NetLogo en la provincia de Cotopaxi.

6.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las respuestas de adaptación que los agricultores toman frente a PMP.
- Construir un modelo basado en agentes que simule las respuestas de los agricultores frente a PMP mediante el software NetLogo.
- Determinar los cambios de cultivo antes y después de la presencia de PMP mediante simulaciones.
- Determinar el aumento de pesticidas antes y después del problema de PMP mediante las simulaciones.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 1. Actividades por objetivos

OBJETIVO ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Caracterizar las respuestas de adaptación que los agricultores toman frente a PMP.	Levantamiento de una encuesta.	Encuesta realizada	Registro de datos
	Selección de la muestra	Muestra 22 agricultores.	
	Aplicación de la encuesta.	Respuestas de adaptación de los agricultores frente a	
	Revisión bibliográfica.	PMP	

Construir un modelo basado en agentes que simule las respuestas de los agricultores frente a PMP mediante el software NetLogo.	Elaboración del modelo teórico. Aplicar el modelo en el software NetLogo Ejecutar simulaciones	Modelo teórico Simulación del tratamiento control en el software. Código	Plataforma miro Modelo en el software NetLogo
Determinar los cambios de cultivo antes y después de la presencia de punta morada mediante simulaciones.	Realización del código Simulación en el software NetLogo Análisis de respuesta.	Código Presentación del modelo y corrido Número de agricultores que cambian de cultivo.	Modelo en el software NetLogo
Determinar el aumento de pesticidas antes y después del problema de PMP mediante las simulaciones.	Código de respuestas Simulación en el software NetLogo. Análisis de respuesta.	Código Presentación y corrido del modelo. Número de agricultores que aumentan sus pesticidas.	Modelo en el software NetLogo

Elaborado por: (Herrera, 2020)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

8.1. Antecedentes de punta morada de la papa

La punta morada de la papa (PMP) es una enfermedad emergente a nivel mundial que afecta al cultivo de papa. En el Ecuador, esta enfermedad está relacionada con fitoplasmas y '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' (CLso) y el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) vector de CLso. Esta enfermedad muestra dos tipos de fitoplasmas: '*Candidatus Phytoplasma aurantifolia*' (grupo 16SrII) y '*Candidatus Phytoplasma asteris*' (grupo 16SrI). Los síntomas comunes son: las plantas exhiben un retraso en el crecimiento, follaje amarillento, punta morada (enrojecimiento), escoba de bruja (proliferación de ramas y hojas), virescencia (desarrollo de flores verdes y pérdida de pigmentos), y filodia (conversión de flores a hojas) (Himeno *et al.*, 2015). La enfermedad causa pérdidas significativas de rendimiento y calidad a nivel mundial (INIAP, 2017 ; Rubio *et al.*, 2006). El cultivo de papa en la región andina se encuentra en alerta ante la posibilidad de diseminación de tres plagas que dañan seriamente al cultivo: la punta morada, el manchado interno de la papa, también conocido como "Zebra chip", y el psílido de la papa (CIP, 2020)

8.2. Importancia y distribución de PMP

La punta morada, el psílido de la papa y probablemente el manchado interno están causando pérdidas cercanas al 90% en el rendimiento en las principales áreas de producción de papa en Ecuador, lo que coincide con reportes de otros lugares ((Nagaich and Giri, 1973; Crosslin *et al.*, 2010)). En Perú, en el 2009 se reportó un fitoplasma que estaba infectando a la papa, pero no se informó de daños (Hodgetts *et al.*, 2009). Además que en Carchi, punta morada se está propagando rápidamente y está causando serias pérdidas económicas a los productores de papa (Caicedo *et al.*, 2015)

(Crosslin, *et al.*, 2010) menciona la enfermedad de Zebra chip y punta morada de la papa, relativamente reciente en el mundo de las enfermedades importantes de la papa. Reportado por primera vez en México en la década de 1990. PMP se encuentra distribuido en Canadá, Unión Europea, Centro de América, Sudamérica y en México (García y Rodríguez, 1988). La enfermedad conocida como punta morada de la papa (PMP), causada por fitoplasmas, es de importancia mundial ya que ha afectado cultivos en América, Europa, Asia y Australia

(Maramorosch, 1998). Los síntomas de la PMP se observaron en México desde 1948 y en los últimos 10 años se ha visto un incremento acelerado de la enfermedad, especialmente en la región centro (Cadena *et al.*, 2003)

Por otro lado, el psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) se encuentra ampliamente distribuido en México y en Estados Unidos de América. De acuerdo a Cranshaw (1993), desde 1920 se detectaron los problemas ocasionados por el psílido de la papa en EE. UU. y actualmente está distribuido en los estados de Minnesota, Dakota del Norte, Dakota del Sur, Nebraska, Kansas, Oklahoma, Texas y en todos los estados del oeste americano con excepción de Oregón y Washington. (Garzón *et al.*, 1992).

8.3. Reportes de punta morada en el Ecuador

Los primeros reportes fueron en 1931 en Canadá, México y Estados Unidos (Macleod, 1954). La aparición de PMP desde entonces ha ido en aumento (Munyanenza *et al.*, 2010). La migración de insectos vectores transportando los patógenos y la diseminación antropológica son factores que intervienen en el aumento de este problema (Buchman *et al.*, 2011).

El 2013 aparecieron plantas con síntomas de punta morada, en el norte de Ecuador, afectando el cultivo de papa. En la actualidad, PMP está reportada en todas las provincias de la sierra. En el 2015 se inició el diagnóstico de los patógenos involucrados mediante análisis moleculares. Donde en algunos lotes afectados con PMP se encuentra una alta población del psílido, que se presume está estrechamente relacionado con los síntomas de PMP o con la transmisión de patógenos. El psílido de la papa está reportado en todas las provincias de la sierra, excepto en Cañar, Azuay y Loja (Pérez *et al.*, 2020). El INIAP ha desarrollado una estrategia de trabajo basada en investigación, producción de semilla y capacitación para afrontar esta problemática.

PMP es una enfermedad emergente en el Ecuador que ha incrementado su presencia durante los últimos cinco años, con una considerable afectación en las plantaciones de papa. El 2017 se identificó por primera vez la presencia de una nueva plaga llamada *Bactericera cockerelli*, transmisora de una bacteria llamada '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' (CLso), que a nivel mundial causa la enfermedad comúnmente denominada "papa rayada" o "Zebra Chip" en inglés (Caicedo, 2015).

8.4. Respuesta de los agricultores frente a diferentes estreses biofísicos

Se establecen como los agricultores responden a diferentes problemas y como estas respuestas influyen en la mitigación de una enfermedad. La importancia de las percepciones y formas de adaptación se han abordado desde hace mucho tiempo (Apata *et al.*, 2009; Deressa *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 1988; Vedwan 2006; Vedwan y Rhoades 2001). Sin embargo, conocer las medidas de adaptación es importante para determinar políticas destinadas a promover estrategias de adaptación exitosas para el sector agrícola. Además, la forma en que los agricultores perciben e interpretan el cambio climático y otros problemas a nivel agrícola, pueden afectar a sus respuestas de adaptación.

Le (2011) examinó las percepciones de los agricultores sobre los cambios en la variabilidad climática (por ejemplo, la temperatura, las precipitaciones y la sequía) y las correspondientes respuestas de adaptación en una provincia central de VietNam. Schad y otros (2012) examinaron la forma en que las percepciones de los agricultores sobre las causas y los efectos de las inundaciones influyeron en sus respuestas de adaptación en la región montañosa noroccidental de VietNam.

Por ejemplo, un estudio realizado en hogares agrícolas en Sudáfrica y Etiopía, presenta estrategias de adaptación utilizadas por los agricultores en ambos países y analiza los factores que influyen en la decisión. Se encontró que las estrategias de adaptación más comunes que incluyen: (1) uso de diferentes cultivos o variedades de cultivos, (2) plantación de árboles, (3) conservación del suelo, (4) cambio de fechas de plantación y riego. Sin embargo, un gran porcentaje de agricultores no hizo ningún ajuste a sus prácticas agrícolas. (Bryan *et al.*, 2009)

En el caso a la adaptación de los agricultores, se puede mencionar el ejemplo de la roya del trigo en Etiopía donde los agricultores empezaron a usar variedades resistentes para evitar este problema (Jaleta *et al.*, 2019). En otros casos se han observado cambios de cultivo y/o búsqueda de lotes de mayor altitud como adaptaciones de los agricultores para evitar problemas de punta morada de la papa (Navarrete *et al.*, 2020 en preparación). En el caso a la adaptación a estrés abióticos, se puede mencionar el caso de los agricultores en Sahel (Senegal) donde las familias diversifican sus cultivos para minimizar los impactos directos o indirectos asociados al cambio climáticos (Mertz *et al.*, 2009). Indistintamente de estos los agricultores han buscado maneras de responder frente a un problema,

(Panda *et al.*, 2013) han examinado diversas opciones de adaptación: (1) la conservación del agua, (2) el desplazamiento del cultivo de arroz al de algodón, (3) el cambio de las fechas de siembra y la búsqueda de otras fuentes de ingresos, tratándolas como una opción independiente, asociadas a problemas de sequía. (Wood, *et al.* 2014) ha investigado la influencia de tres determinantes clave de las medidas de adaptación en toda África y Asia meridional. Se trata de la información meteorológica, los bienes relacionados con la producción doméstica, agrícola y la participación en las instituciones sociales locales. Para determinar factores de adaptación que las personas toman frente a una emergencia. (Bahinipati and Venkatachalam, 2015). Al mismo tiempo, observaciones preliminares indican que grandes agricultores están haciendo frente a este problema mediante el uso intensificado de insecticidas para controlar el vector asociado a PMP, sustituyen o cambiando cultivos, y cultivando papa en el páramo (Navarrete, 2020). Asimismo, como el Ecuador es uno de los lugares con mayor diversidad de papa, los pequeños agricultores están perdiendo variedades locales de papa.

8.4.1. Métodos utilizados por los agricultores para controlar el gusano cogollero

(Abrahams et al., 2017) mencionan la creación de un marco referencial, para medidas de adaptación de los agricultores frente a Fall armyworm (FAW). Algunas de las principales consideraciones son las siguientes: 1) Servicios de asesoramiento, 2) Entorno normativo y reglamentario. Asimismo, los métodos utilizados por los agricultores para tratar el gusano cogollero del maíz. Se encontró: (1) El uso de plaguicidas fue el método de control más común desplegado por los agricultores para controlar el gusano, (2) Plaguicidas sintéticos, (3) Bioplaguicidas (4) Recogida manual de huevos y orugas, (5) Deshierbe frecuente, (6) Plantación temprana, (7) Aplicación de estiércol o fertilizantes, (8) Destrucción de plantas infectadas, (9) Aplicación de ceniza, arena o urea y (10) No hubo prácticas de control.

Además, la FAO (2017) finalizó un Marco de Acción contra FAW, basado en las discusiones en una reunión internacional celebrada en Nairobi en abril de 2017, donde se acordó que la FAO debería proporcionar un papel de coordinación a adoptar medidas estratégicas para el control de FAW, los enfoques clave incluyen el uso de diferentes prácticas agronómicas, el desarrollo de variedades de resistencia de la planta huésped, la identificación de pesticidas menos tóxicos y bioplaguicidas efectivos, la conservación y el aumento de enemigos naturales

para el control biológico. Dichos enfoques también incluyen el uso de controles seguros disponibles localmente y un monitoreo y vigilancia fortalecidos para la detección temprana y la investigación, además de fortalecer los marcos de políticas para promover enfoques basados en IPM (que minimizan la compra y el uso no sostenibles de pesticidas químicos)

8.4.2. Respuesta de agricultores frente al tizón tardío

La mayoría de agricultores identificaron al control químico como la principal práctica de control mostro que los agricultores fumigaron entre 0 a 14 veces con un promedio de 6.6 veces durante la campaña. El uso de variedades resistentes y usar diferentes fechas de siembra también fueron mencionados, pero en menor medida como respuestas de adaptación (Ortiz et al., 1999). El estudio se concentró en las provincias de Cajamarca, San Miguel y Contumazá en el Departamento de Cajamarca, Perú. Para el control del tizón tardío, la mayoría de agricultores (94%) mencionó al uso de fungicidas como la práctica más común, aunque ellos se refirieron a los productos químicos con el término de "remedios". Estos agricultores consideraban que los productos químicos eran la única forma de controlar la enfermedad. Sin embargo, agricultores mencionaron otras estrategias que utilizaban para tratar de disminuir los efectos del tizón en la papa. Una de estas estrategias era la de sembrar lo más temprano posible en la campaña agrícola. Es decir, sembrar en lo que ellos llaman "campaña chica" que se inicia aproximadamente en junio. Si los agricultores siembran entre junio a septiembre, el riesgo de ataque del tizón se reduce considerablemente ya que existe menor humedad en ese periodo. Sin embargo, esta estrategia sólo puede ser usada en terrenos que tienen acceso a riego. El uso de variedades resistentes también fue mencionado como una estrategia para reducir la incidencia de la enfermedad. Sólo dos agricultores en la zona de Cajamarca, mencionaron haber ensayado extractos vegetales para controlar el tizón; pero que aún no estaban seguros de su eficiencia (Ortiz et al., 1999). Por ende, las respuestas mencionadas por los agricultores fueron: (1) uso de plaguicidas, (2) cambio de fechas de siembra, (3) uso de variedades y (4) utilización de extractos vegetales (Ortiz et al., 1999)

8.5. Respuestas de adaptación a la sequía

Maddison (2007), Bryan y otros (2009), Deressa (2010), (Deressa et al., 2011) y Di Falco y otros (2011, 2012) han investigado los factores que influyen en la decisión de los agricultores de adaptarse o no adaptarse. Sin embargo, los agricultores adoptan diversas medidas de adaptación que se excluyen o no se excluyen mutuamente. Teniendo en cuenta esos factores, (Panda et al., 2013) han examinado los factores determinantes de diversas opciones de adaptación a la sequía en la India, como la conservación del agua, el desplazamiento del cultivo de arroz al de algodón, el cambio de las fechas de siembra y la búsqueda de otras fuentes de ingresos, tratándolas como una opción independiente.

(Bahinipati 2015) por ejemplo, ha evaluado los determinantes de la diversidad en las medidas de adaptación a nivel de explotación agrícola (es decir, el número de opciones de adaptación elegidas por los agricultores) ante los ciclones e inundaciones en India oriental, Patnaik y Narayanan (2015) han identificado los factores que influyen en los hogares para elegir las medidas tradicionales para hacer frente a las inundaciones (por ejemplo, la transferencia monetaria, el socorro, la venta de ganado y préstamos) en la India rural; estos estudios no se han centrado en lo que impulsa a los agricultores a adoptar varias opciones de adaptación a nivel de granja.

8.6. Diversidad en la percepción y gestión de los riesgos de la agricultura en el sur de Malí

Una comprensión más profunda de cómo los pequeños agricultores perciben y gestionan los riesgos es fundamental para identificar opciones que aumenten la capacidad de adaptación de los agricultores. Se investiga una amplia gama de riesgos que influyen en los procesos de toma de decisiones de los agricultores.

Los agricultores aplicaron una variedad de acciones para hacer frente a los peligros, pero en muchos casos los agricultores no responden. La aceptación del riesgo (es decir, no hacer nada) es la última opción para los agricultores. Algunos ejemplos de prácticas de gestión de riesgos que aplican los agricultores del África subsahariana son: i) la generación de ingresos procedentes de fuentes no agrícolas (Douxchamps et al., 2016) (Wichern, 2019), ii) la adaptación o ampliación de las fechas de plantación (Milgroom & Giller, 2013), iii) mantener

la diversidad de los cultivos (Frison et al., 2011), iv) mantener el ganado (Valbuena et al., 2015) v) disponer de campos para la producción compartida e individual dentro de un hogar (Guirkinger & Platteau, 2014) o vi) reducir el consumo de alimentos. Asimismo se menciona que algunas estrategias de supervivencia requerían en su mayoría poca inversión financiera, como el cambio de cultivos, que era común en los hogares con más tierra disponible (Wichern, 2019).

8.7. Situaciones de adaptación

(Dang et al., 2014) Los agricultores mencionaron varias medidas privadas de adaptación como sus respuestas actuales a la variabilidad climática percibida. Por ejemplo: acortar las temporadas de cultivo para evitar el ataque de los insectos y las inundaciones, y permitir el máximo número de cosechas de arroz cultivadas anualmente; cambiar el calendario de riego, el uso de fertilizantes y el uso de productos químicos para reducir las pérdidas por la fluctuación de la temperatura y el régimen de lluvias, y para minimizar el ataque de los insectos; diversificar los cultivos y las variedades para reducir las pérdidas de cosechas debidas a una distribución anormal de la temperatura o al calendario y la incidencia de las precipitaciones; utilizar medidas de gestión del agua para hacer frente a la escasez de agua, especialmente en las temporadas secas prolongadas. Además, los agricultores han buscado fuentes de ingresos alternativas para asegurarse contra la pérdida de cosechas o de ganado. El mantenimiento de las casas, la plantación de árboles y la compra de instrumentos de seguridad (por ejemplo, chalecos salvavidas, salvavidas, cinturón de seguridad, etc.) se mencionaron como medidas utilizadas para resistir a los fenómenos meteorológicos extremos.

Además, los agricultores mencionaron el seguro como otra respuesta de adaptación. Si bien los seguros para personas y propiedades son relativamente comunes, el seguro agrícola sólo se ha puesto en marcha recientemente en zonas de Vietnam. Sin embargo, el costo puede ser un desincentivo para el uso de los seguros por parte de los agricultores. Se dijo que la migración a zonas más seguras como medida de adaptación era muy rara y sólo usado como una opción final. (Dang et al., 2014)

Según (Abid et al., 2019) muestran que el cambio de variedades de cultivos, el uso de insumos, las fechas de siembra y la plantación de árboles de sombra son las principales medidas de adaptación adoptadas por los hogares agrícolas. Sin embargo, muchos agricultores

optan por no adaptarse para hacer frente al problema. Porque esto puede traer grandes inversiones, hasta pérdidas. Además, la mayoría de los adaptadores prefieren medidas de adaptación básicas en lugar de avanzadas, que incluyen la plantación de árboles de sombra, la conservación del suelo y la diversificación de los cultivos (Abid et al., 2019)

Asimismo, los agricultores, que están continuamente en contacto con los trabajadores de extensión para obtener información relacionada con las tecnologías de cultivo, las nuevas variedades y el control de plagas y enfermedades, tienen más probabilidades de adaptarse en comparación con los agricultores que tienen poco o ningún acceso a los servicios de extensión.

En América Central y del Sur se está produciendo una adaptación basada en los ecosistemas, que incluye zonas protegidas, acuerdos de conservación y la gestión comunitaria de las zonas naturales. En algunas zonas se están adoptando variedades de cultivos resistentes, pronósticos del clima y la ordenación integrada de los recursos hídricos en el sector agrícola que muchos agricultores están adoptando (IPCC, 2014)

Los agricultores del Sahel poseen valiosas estrategias de adaptación autóctonas, hogares mencionaron en general pocas medidas de adaptación como: nuevos cultivos o variedades de cultivos (sobre todo hortalizas); el mantenimiento de animales en establos; la sustitución de los caballos de tiro por ganado, que son más baratos de alimentar; y la utilización de estiércol fueron las principales medidas mencionadas para contrarrestar los efectos climáticos. Sin embargo, estas medidas no solo están relacionadas con el cambio climático sino problemas de nivel agrícola (Mertz et al., 2009)

Por otro lado, se confirmó que los agricultores son conscientes de algunas opciones en las que podrían modificar sus prácticas se encuentran: la adición de fertilizantes, la rotación de cultivos, especialmente con legumbres, la retención de residuos de cultivos, la reducción al mínimo de los cultivos, el ajuste de las fechas de siembra, el cambio de especies de cultivos y el uso de semillas de mejor calidad que permitirán reducir al mínimo los riesgos y hacer frente a las variaciones y cambios climáticos previstos (Touch et al., 2016)

Además, (Roncancio et al., 2015) determinaron que los sistemas silvopastoriles y policultivos son una estrategia importante en la adaptación de los pequeños productores a los efectos del cambio climático y que la resiliencia de los cultivos y de los productores es importante para la

adaptación y recuperación de los sistemas productivos ya que ellos utilizan sistemas silvopastoriles, cambian los monocultivos a cultivos asociados.

Existen estrategias de manejo de enfermedades, muchos métodos para tratar enfermedades microbianas en plantas y algunas se pueden prevenir mediante prácticas agrícolas adecuadas. Las prácticas tradicionales se siguen desde la antigüedad. Esto tiene la influencia cultural durante esa época, pero para el control eficiente de estos patógenos, los agricultores comenzaron a utilizar más productos químicos. Conscientes de las desventajas de estas sustancias químicas, los investigadores han comenzado a enfocarse en implementar métodos biológicos. En los últimos años, también se desarrollaron muchas variedades resistentes a enfermedades, respondiendo como lo creyeran necesario (Lindsey et al., 2020)

8.8. Diferencias de género en las prácticas de control de Fall armyworm

Según (Abrahams et al., 2017) en sus estudios mencionan que los hogares encabezados por mujeres en Ghana utilizaban más métodos agronómicos (deshierbe, remoción de plantas infectadas y recolección manual de masas de huevos y orugas) que los hogares encabezados por hombres. Además, los hogares encabezados por mujeres plantaron temprano, aplicaron fertilizante/estiércol y ceniza, arena o urea más a menudo que los hogares encabezados por hombres. Siendo estas las medidas de adaptaciones en hombres y mujeres (Rwomushana et al., 2018)

8.9. Diferencias de género en las respuestas de los agricultores a la adaptación al cambio climático en el distrito de Yongqiao, China

Los hogares encabezados por hombres tienen más probabilidades de adoptar nuevas tecnologías para la conservación del agua y aumentar la inversión en infraestructura de riego. La investigación también indica que las decisiones de adaptación de los jefes masculinos y femeninos están influenciadas por diferentes conjuntos de factores (Jin et al., 2015)

En cuanto a las medidas de adaptación fueron: la plantación de nuevos cultivos tolerantes a la sequía, la diversificación de los cultivos y la compra de seguros de índice meteorológico de sequía del trigo. Sin embargo, no hay diferencias significativas entre los hombres y las

mujeres jefes de hogar. Además, los resultados indican que las decisiones de adaptación de las cabezas masculinas y femeninas son influenciadas por diferentes conjuntos de factores. (Jin et al., 2015)

8.10. Antecedentes de los Modelos basados en agentes

Hace algún tiempo, ecologistas y científicos sociales se han enfrentado al reto de cómo modelar la multiplicidad adecuada en muchos sistemas ecológicos, sociales o socio-ecológicos del mundo real. Un método para explorar tales sistemas es la utilización de modelos basados en agentes. Los modelos basados en agentes (MBA) se centran en explicar el comportamiento del nivel de sistema: heterogeneidad de y entre los individuos, las interacciones locales entre los individuos y el comportamiento adaptable de las personas (Grimm, 2010)

Aunque estos modelos hayan tenido resultados bastante aceptables en el mundo científico, dado los artículos publicados recientemente, todavía existen algunas dificultades para realizar la verificación, validación y calibración de los MBA. De todas formas, ya existen algunos estudios en los que se han desarrollado procedimientos para elaborar modelos cada vez más robustos. Este tipo de análisis es necesario a la hora de estudiar fenómenos complejos como los urbanos, particularmente sensibles a las condiciones de partida del modelo (Cantergiani & Delgado, 2011)

Por ejemplo, un estudio basado en agentes es el análisis de costo-beneficio del aprendizaje social/cultural en un entorno incierto no estacionario: una simulación evolutiva y un experimento con sujetos humanos, el cual trata sobre el aprendizaje sociocultural como una manera eficaz de reducir la incertidumbre sobre el medio ambiente habitado, ayudando a los individuos a tomar un comportamiento adaptativo. El documento aborda el valor adaptativo de aprendizaje sociocultural en entornos no estacionarios, tanto teórica como empíricamente (Kameda & Nakanishi, 2002)

Por esos motivos, los Modelos Basados en Agentes constituyen un modelo innovador y prometedor respecto a otros modelos aplicados a simulación de la expansión urbana, debido principalmente a la potencialidad que presenta para incorporar aspectos del comportamiento individual de los agentes en fenómenos emergentes que generan un patrón espacial agregado.

8.11. Definición de modelo

Un modelo representa de manera resumida los diferentes componentes y procesos que forman parte del sistema en estudio. El proceso de construcción de un modelo contribuye a identificar, seleccionar y ordenar la información disponible del sistema en estudio, además constituye una herramienta útil para comprender el funcionamiento y evaluar la respuesta del sistema a cambios tanto en aspectos internos o externos del sistema. (Cardoso et al., 2014)

8.12. Modelos basados en agentes

La simulación basada en agentes (ABS o MBA) es un marco computacional para simular procesos dinámicos que involucran agentes autónomos. Un agente autónomo actúa por sí solo sin dirección externa en respuesta a situaciones que el agente encuentra durante la simulación. (Macal et al., 2013). La simulación basada en agentes se usa más comúnmente para modelar la toma de decisiones individuales y el comportamiento social y organizacional.

Según (Zoya & Roggero, 2015b) Los modelos basados en agentes (MBA) constituyen una nueva generación de métodos computacionales que permiten modelar la estructura de un sistema complejo y simular su evolución dinámica a lo largo del tiempo. El uso de los MBA constituye una tendencia metodológica en expansión en las ciencias sociales contemporáneas; sin embargo, continúan siendo poco conocidos y enseñados en el campo sociológico, de modo que constituyen una alternativa metodológica minoritaria entre los investigadores sociales.

La modelación basada en agentes es una técnica de modelación que complementa los métodos analíticos tradicionales. Estos modelos basados en agentes (MBA) también son conocidos como sistemas multi-agentes, sistemas basados en agentes, etc. Un sistema es modelado como una colección de entidades autónomas de toma de decisión llamadas agentes (Cardoso, et al., 2014)

Asimismo, (Pereda & Zamarreño, 2015) mencionan el modelado basado en agentes (ABM, Agent Based Modeling) es una técnica de modelado que está siendo explotada con gran éxito en áreas como la ecología, ciencias sociales, economía, etc.

8.13. Componentes de los modelos basados en agentes

El principal elemento de un MBA, y como el propio nombre indica, son los agentes, pero también lo es el medio en el que se localizan, así como la relación entre estos agentes, o entre ellos y su medio, plasmados a través de reglas de comportamiento (Cantergiani & Delgado, 2011). Un MBA está compuesto de una colección de agentes, un ambiente a través del cual los agentes interactúan con reglas que definen las relaciones entre agentes y su ambiente y que determinan la secuencia de acciones en el modelo (Parker *et al.* 2003).

Los agentes son entidades físicas o virtuales que toman decisiones de manera autónoma. Pueden representar átomos, células, animales, gente u organizaciones dependiendo de su aplicación. El ambiente es el espacio virtual en el que interactúan los agentes (e.g., puede representar un espacio geográfico). Los agentes toman decisiones en base a las reglas y funciones analíticas prescriptas por el modelador) (Cantergiani and Delgado, 2011)

Además,(Zoya & Roggero, 2015a) menciona que los Modelos Basados en Agentes (MBA) son un tipo de modelo prospectivo relativamente nuevo cuyas características permiten, a partir de (1) un conjunto de agentes, (2) un medio sobre el cual actúan y (3) unas reglas de comportamiento, simular los complejos fenómenos urbanos generados de forma agregada a partir de un patrón espacial resultante de comportamientos individuales.

8.14. Importancia de los MBA

Los MBA apuntan a describir las características de las partes del sistema y definir su comportamiento a través de reglas simples. De esta manera, los MBA son herramientas útiles para estudiar el comportamiento que emerge de un sistema complejo como resultado de las características de los componentes del sistema y el funcionamiento de los mismos.(García and Medina, 2011). Los modelos son representaciones simplificadas de los objetos específicos de estudio, y aunque la realidad obviamente no se puede reducir a ningún modelo, sin modelos no podríamos entender la realidad. Se puede considerar una amplia variedad de modelos en ciencias sociales un modelo que intenta explicar la estratificación social. Permite construir modelos constituidos por agentes que interaccionan entre sí dentro de un entorno para llevar a cabo experimentos virtuales (Gilbert, 2008).

8.15. Modelado de la complejidad social

Los sistemas complejos se refieren simplemente aquellos sistemas compuestos de muchas partes que interactúan entre ellas y en los cuales sin un control centralizado ni un diseño emergen, patrones globales de interacción y decisiones locales de las partes en los cuales se incluyen a los ecosistemas, sistemas económicos, etc., todos son casos donde las interacciones de las partes crean patrones globales (Wilensky & Rand, 2015). La metodología de MBA permite representar explícitamente tres elementos de interés central para las ciencias sociales: los agentes, el entorno y las reglas de comportamiento. Estas últimas se refieren, por lo menos, a tres cuestiones principales: (i) a lo que los agentes pueden hacer con los elementos que componen el entorno (reglas agente-entorno); (ii) a la acción e interacción entre los agentes que componen el modelo (reglas agente-agente); y (iii) al comportamiento de los elementos que componen el entorno (reglas entorno-entorno) (Epstein y Axtell, 1996; Treuil, Drogoul y Zucker, 2008). Por lo tanto, los MBA permiten no sólo modelizar agentes sociales sino además representar “la estructura de interacción entre los actores sociales como el entorno que los rodea” (García & Medina, 2014). Dicho de otro modo, los MBA constituyen sociedades de agentes situados en un entorno, y enmarcadas en estructuras de acción e interacción social. (Zoya & Roggero, 2015a)

8.16. Protocolo ODD

Grimm *et al.* 2006, decidieron proponer un protocolo para resolver los principales problemas en cuanto a la descripción del Modelado Basado en Agentes (MBA), al cual llamaron ODD, visión general, diseño y detalles. Esta puede ser considerada la primera iniciativa para establecer un protocolo de descripción de un Modelado Basado en Agentes (MBA), lo que es un paso prometedor en cuanto a la aplicación de modelos basados en agentes a las ciencias sociales y otros campos afines (Cantergiani & Delgado, 2011)

El propósito principal de ODD es crear, escribir y leer las descripciones del modelo de manera más fácil y eficientemente. Además, ODD espera llegar a realizar descripciones más completas de los modelos, facilitando así la replicación de los MBA (Grimm *et al.* 2010). Ayudan a comprender de manera rápida y sencilla los modelos, así como también, ayuda al autor a organizar la información que tiene disponible de forma consistente y ordenada (Buffa & Barrea, 2015)

Hay dos cuestiones principales y relacionadas entre sí, que han condicionado hasta ahora la descripción de Modelado basado en agentes (MBA):

- No ha habido un protocolo estándar para su descripción hasta hace relativamente bien poco, por lo que cada MBA elaborado es explicado según los criterios y preferencias de sus autores que generalmente pertenecen a grupos de investigación de áreas distintas (ecólogos, matemáticos, ingenieros, botánicos, físicos, químicos, microbiólogos, veterinarios, etc.)
- Se describen a menudo verbalmente sin una indicación clara de las ecuaciones, reglas y esquemas que el modelo utiliza, y el hecho de que la inclusión del código completo de computación no sea admisible en la mayoría de las publicaciones, dificulta el acceso a la información completa del MBA. (Ginovart et al. 2011)

El protocolo permite obtener un beneficio clave asociado a promover una rigurosa formulación de modelos. Debido a que los modelos son una representación simplificada de la realidad, éste representa de manera reducida los diferentes componentes y procesos que forman parte del sistema en estudio. (Buffa & Barrea, 2015)

8.17. Componentes del Protocolo ODD

El protocolo estándar propuesto, ODD, para describir IBM y ABM, desarrollado y probado por 28 modelistas que cubren una amplia gama de campos dentro de la ecología. Este protocolo consta de tres bloques (Resumen, Conceptos de diseño y Detalles), que se subdividen en siete elementos: Propósito, Variables y escalas de estado, programación del proceso, Conceptos de diseño, Inicialización y Entrada, descritos a continuación (Grimm et al., 2006)

8.17.1. Propósito: Contiene una descripción general del proceso que se intenta captar a través del modelo junto con un desarrollo claro y conciso del interrogante o problema que se pretende resolver con dicho modelo (Buffa & Barrea, 2015)

8.17.2. Entidades, Variables de Estado y Escalas: se deben determinar las entidades del modelo, es decir el tipo de objetos que se van a representar en él; las variables de

estado que caracterizan y cuantifican a las entidades; y las escalas temporales y espaciales elegidas..(Grimm et al., 2006)

8.17.3. **Visión general de los procesos y programación:** Esta etapa se ocupa de los procesos que afectan a las variables de estado asociadas a las entidades del modelo. La tarea es enumerar, a grandes rasgos, todos los procesos del modelo.(Grimm et al., 2006)

8.17.4. **Conceptos de diseño:** En esta sección se establecen un conjunto de propiedades y conceptos básicos que se deben tener en cuenta a la hora de implementar el modelo; los cuales son muy importantes para su configuración y para la descripción de las características esenciales de un MBA. (Grimm et al., 2006)

8.17.5. **Entradas:** Es necesario especificar cuáles son las entradas indispensables para detallar el estado de todas las variables y para computar las actualizaciones de dichas variables.

8.18. Software NetLogo

Es un lenguaje de programación de múltiples agentes y un entorno de modelado para simular fenómenos naturales y sociales complejos. Es particularmente adecuado para modelar sistemas complejos que evolucionan con el tiempo. Los modeladores pueden dar instrucciones a cientos o miles de "agentes" independientes que operan simultáneamente, para explorar las conexiones entre los comportamientos a nivel micro de los individuos y los patrones a nivel macro que surgen de sus interacciones (Chaverri, 2018)

8.19. Elementos del software NetLogo

Los tres elementos principales del ambiente NetLogo son: (1) La interfaz: es la ventana con que el programador se comunica con NetLogo para construir los modelos y ejecutarlos, (2) El lenguaje: está constituido por las palabras y construcciones gramaticales con las que se construyen los programas de NetLogo y (3) Los agentes: Son los entes que ejecutan las acciones del programa o modelo (Chaverri, 2018)

8.20. Biblioteca de modelos

Tan importantes como NetLogo en sí son los materiales con los que viene. Hemos dedicado casi tanto esfuerzo de desarrollo a nuestra Biblioteca de modelos como a la aplicación NetLogo.

La Biblioteca de modelos contiene más de 150 simulaciones preconstruidas que se pueden explorar y modificar. Las simulaciones abordan muchas áreas de contenido en las ciencias naturales y sociales, incluida la biología y la medicina, la física y la química, las matemáticas y la informática, y la economía y la psicología social. Todos los modelos incluyen una explicación del tema y las reglas de la simulación y sugerencias para actividades, experimentos y posibles extensiones. Para ayudar al aprendizaje y fomentar las buenas prácticas de programación, el código para las simulaciones es claro, elegante y está bien comentado (Tisue & Wilensky, 2004)

8.21. Agentes

Un agente es un individuo sintético, autónomo y dotado de reglas o características que gobiernan su comportamiento y su capacidad de tomar decisiones. Los agentes interaccionan entre sí y con el medio ambiente obedeciendo un conjunto de reglas (Caparrini, 2019)

Ferber (1995) menciona que un agente es alguien capaz de actuar en un entorno; percibir y representarse parcialmente el entorno y los otros; comunicarse de modo directo o indirecto con otros agentes; estar motivado por tendencias internas y, finalmente, conservarse y reproducirse.

8.22. Los agentes de NetLogo

NetLogo posee un conjunto de agentes preinstalados en el sistema, listos para ser usados en los modelos y programa (Chaverri, 2018). Los agentes de NetLogo se pueden agrupar en cuatro clases: (1) Agentes móviles llamados tortugas (turtles). Estos agentes pueden desplazarse por el mundo, (2) Agentes estáticos: llamados parcelas (patches). Las parcelas se encuentran formando un cuadrículado que cubre el mundo, como si éste estuviera recubierto

por baldosa. (3) Agentes llamados enlaces (links). Estos agentes sirven para relacionar o “enlazar” a dos o más tortugas y (4) el agente Observador. Es el agente de mayor jerarquía y este agente no es visible.

8.23. Importancia

NetLogo permite explorar la conexión entre las interacciones locales a nivel de individuo y los patrones macroscópicos que emergen de dichas interacciones. Asimismo, permite abrir y experimentar simulaciones y crear modelos rápidamente para comprobar hipótesis sobre sistemas descentralizados (Caparrini, 2019)

NetLogo permite a estudiantes realizar simulaciones abiertas y "jugar" con los modelos, explorar su comportamiento bajo diversas condiciones. También es un entorno de creación que permite a los estudiantes, profesores e investigadores crear sus propios modelos (Wilensky, 2015)

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿Cuáles son las respuestas de los agricultores frente a la presencia de punta morada en papa?
 ¿Cómo las respuestas de los agricultores influyen en la presencia de PMP y del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)?

10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

10.1. Tipo de investigación

Descriptiva: describe como los agricultores responden a una enfermedad y como esas respuestas influyen en la mitigación de PMP. Además, mediante simulaciones se describirá dichos comportamientos que presenta el agricultor.

Bibliográfica: se encarga de recopilar y seleccionar información primaria y secundaria a través de la lectura de documentos, libros, revistas, grabaciones, filmaciones, periódicos, y toda revisión bibliográfica posible.

En esta investigación se realizó una encuesta a agricultores pertenecientes de la provincia de Cotopaxi y se construyó un modelo de simulación usando la información de la encuesta y revisión bibliográfica. A continuación, se detalla la metodología de cada una de las investigaciones.

10.2. Encuesta a agricultores

Se planifico realizar una encuesta, la misma que tendría una duración de 10 minutos, en donde se evaluó las respuestas de los agricultores frente a PMP en la provincia de Cotopaxi. Donde se trató de abarcar variables como: cambio de uso de suelo, aumento de pesticidas, cambio de uso de fuentes de semilla y pérdida de la diversidad de papa. Se realizó la encuesta a 22 agricultores (16 hombres; 6 mujeres), con la colaboración del equipo del Centro Internacional de la papa (CIP) el cual estaba conformado por: Marcalla Lorena, Saltos Brayan y Pilicita Richard.

Se estimaba realizar la encuesta a más agricultores, pero al presentarse la pandemia fue imposible acceder al cronograma establecido, debido a que las personas debían permanecer en sus casas dentro de las medidas de confinamiento en respuesta al COVID-19 y no se disponía de transporte para movilizarse a los diferentes cantones seleccionados dentro del estudio, razón por la cual solo se consideró los 22 agricultores de la primera encuesta realizada en la provincia, la misma que fue validada con la respectiva revisión bibliográfica.

10.3. Modelo basado en Agentes

Se construyó un modelo basado en agentes usando las respuestas de los agricultores frente a PMP en la provincia de Cotopaxi.

10.3.1. Modelo teórico

Para responder a la pregunta de investigación se propuso los siguientes pasos: (1) caracterización de respuestas obtenidas en la encuesta (ver sección 1) (2) gestión bibliográfica (3) determinación de variables, (4) construcción del modelo teórico y simulado (5) Descripción del modelo y (6) implementación de modelo basado en agentes. Cada uno estos pasos están descritos a continuación.

10.4. Búsqueda de artículos relacionados a la respuesta de los agricultores a enfermedades agrícolas

Se contempló una revisión bibliográfica extensa, ya sea a través de tesis, libros, revistas, sitios web, informes técnicos. Una vez recolectada la información ésta fue organizada, los mismos que fueron almacenados en el software Zotero.

Para extraer documentos de las diferentes fuentes virtuales se utilizó palabras claves en inglés, español, al igual, operadores booleanos como:

“Respuestas de adaptación” and “percepciones de los agricultores”.

“Adaptation responses” or “farmers' perceptions”

Medidas de adaptación “and” problemas agrícolas.

“Percepciones”, “medidas de adaptación de los agricultores”

La organización de la información se realizó con la ayuda del gestor bibliográfico Zotero, (funciona como una extensión de Chrome) cumplió con la función de agrupar los documentos. Asimismo, los buscadores que se utilizaron fueron, Scielo, Google scholar, Springer Link y ScienceDirect, la información utilizada fue tomadas de los años 2005 al 2020, contemplando 46 artículos.

10.5. Variables de estudio

Al realizar el análisis de las encuestas, una búsqueda sistemática de artículos y se determinó las siguientes variables de estudio:

- Número inicial de psílicos
- Número de reproducción
- Número de lotes infectados
- Número de lotes sanos
- Número de lotes vacíos u otros
- Variación del cambio de cultivo.
- Variación de uso de pesticidas
- Número de agricultores que cambio su cultivo y aumentan pesticidas.
- Porcentaje de Rendimiento o productividad

10.6. Construcción del modelo

La construcción del modelo teórico se lo realizó en la plataforma Miro. En este modelo teórico se tienen 2 componentes: (1) campo a nivel de paisaje y (2), respuestas de adaptación. Cada uno de los componentes están representados por variables que fueron explícitamente evaluadas en el modelo. Para el componente (1), este componente se encuentra caracterizado por el campo a nivel de pasaje donde se tiene la dinámica de psílicos y lotes de cultivo, además se tiene dos clases de psílicos sin y con patógeno los cuales al infectar a los cultivos sanos van a reproducirse, mientras que al toparse con los lotes enfermos y otro tipo de cultivo mueren, al mismo tiempo su producción se ve afectada al haber presencia de PMP. Para el componente (2), este componente se encuentra caracterizado por las respuestas de los agricultores en el cual se evaluaron: cambio de cultivos y el aumento de pesticidas donde se tiene umbrales de permisividad el cual determina si el agricultor es permisivo o no es permisivo a la enfermedad.

El monitoreo de la construcción del modelo se realizó en las reuniones cada ocho días moduladas principalmente por Israel Navarrete y Klever Quimbiulco, quien despejaban dudas, ayudando así con las mejoras del modelo teórico.

10.7. Descripción del modelo

La descripción del modelo se realiza según el protocolo ODD. Este protocolo ODD tiene los siguientes componentes: (1) Propósito, (2) Agentes, variables de evaluación, (3) Escalas de espacio y tiempo, (4) visión global, (5) iniciación, (6) entradas y (7) funcionamiento del modelo.

10.7.1. Propósito

Para entender cómo influyen las respuestas de los agricultores en la presencia PMP y el psílido de la papa, aplicar o construir un modelamiento suele ser una herramienta de enorme utilidad.

10.7.2. Agentes y variables de evaluación

Agentes

El modelo contiene tres agentes que se comportan de manera diferente: los psílicos, los agricultores y los campos de los agricultores.

Los psílicos

Los psílicos son entidades individuales que se clasifican en dos grupos: los psílicos sin patógenos y con patógenos. Los psílicos sin patógenos son representados por el color verde en la interfaz gráfica. Estos tienen la habilidad de moverse a través de lotes de papa (celdas de color violeta y verde), al mismo tiempo tiene la habilidad de reproducirse. Los psílicos con patógenos son de color rojo y también tiene la habilidad de moverse a través de los lotes de papa.

En cada paso de ciclos los psílicos se moverán en cualquier dirección y a una distancia programada por el usuario. Ambos grupos tendrá la capacidad de moverse, pero al terminar la infestación del cultivo estos morirán.

Agricultores

Los individuos tendrán que decidir mediante el escenario control (Sin intervención) mencionando la estratégica o respuesta para mitigar la presencia de PMP, ellos decidirán con respecto al umbral de permisividad en la que se encuentre dos respuestas representando los escenarios: cambio de cultivo y el aumento de pesticidas.

El comportamiento de las respuestas de los agricultores se dar mediante el umbral de tolerancia que se encuentre, es decir si se consigue un umbral bajo el agricultor responderá rápido a diferencia que si colocara en un umbral medio o alto el agricultor tendrá que esperar que los cultivos de sus vecinos presenten infestación para empezar a decidir, indistintamente de esto se muestra el crecimiento de la población de agricultores que cambian de cultivo y aumentan sus pesticidas. Los agricultores no tienen la capacidad de moverse y son representados por el color rojo al aumentar sus pesticidas en la interfaz gráfica.

Campos de los agricultores

Los campos de los agricultores están divididos por campos de papa y otro tipo de cultivo. Estos están representados por tres diferentes colores: Violeta que quiere decir que los lotes de cultivos están enfermos con PMP, de color verde cuando los lotes están sanos y café cuando es otro tipo de cultivo. En esta simulación a nivel de campo se observa los lotes sanos 104, lotes enfermos 44 y 25 lotes distintos a papa, datos de entrada.

10.7.3. Escalas de espacio y tiempo

La simulación se realiza en un mundo bidimensional, tiene una escala de 19 x 19 con una parcela de 12 pixeles. Los psílicos que deambulan por este modelo permitirán la propagación de la enfermedad en una unidad de tiempo (ciclo). Asimismo, sucede con las respuestas los agricultores tomaran medidas y su mundo cambiara dependiendo los ciclos que ha transcurrido.

- Cada paso de la simulación equivale a un ciclo de cultivo.
- El período simulado fue de 24 ciclos
- El rendimiento se verá afectado por ciclo.
- La presencia de punta morada está determinada por el número de lotes infectados.

10.7.4. Visión global y planificación temporal de los procesos

La **figura 1** describe el funcionamiento general del modelo. Al inicio de la simulación se establecen los parámetros iniciales que pueden variar en cada simulación. Se inicializa el medio con los psílidos y los lotes de papa, representado como tratamiento control. Además, para las respuestas de los agricultores se establece una nueva configuración del sistema con características distintas para cada agricultor indistintamente en el lote el que se encuentre.

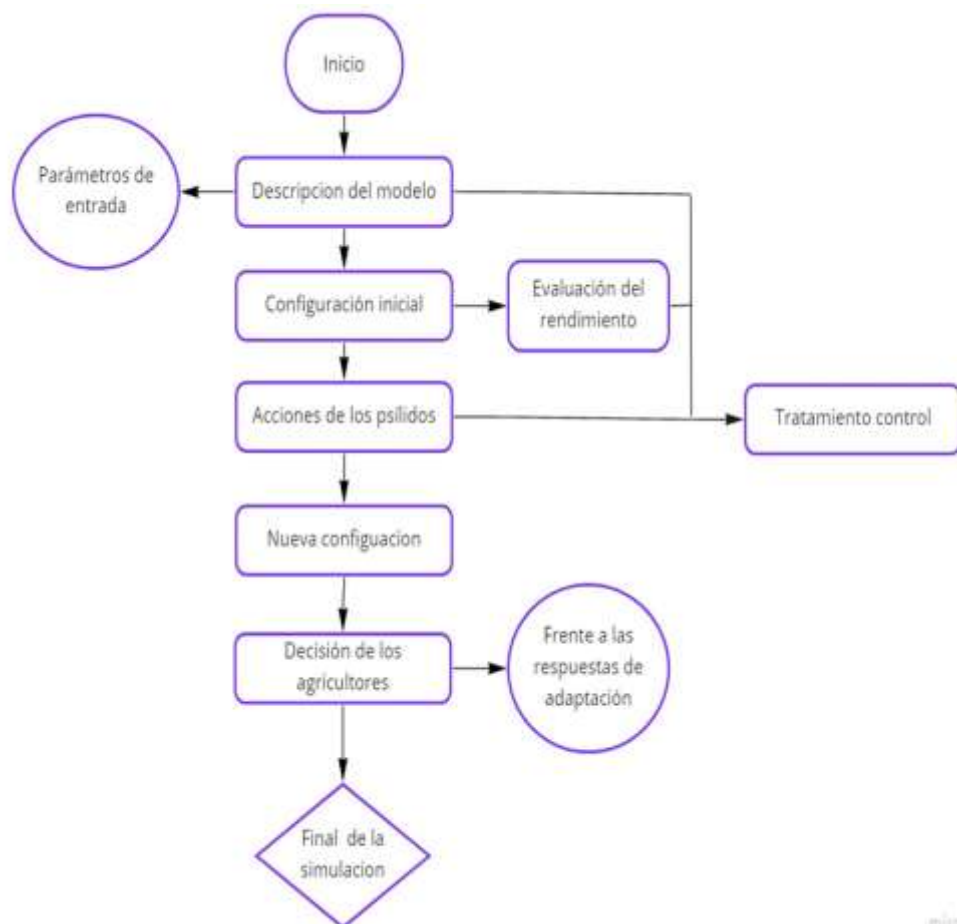


Figura 1. Diagrama general del código

Elaborado por: (Herrera, 2020)

El modelo avanza en pasos de tiempo de un ciclo del cultivo. A cada paso de tiempo los agentes realizan una serie de acciones dependiendo de su escenario, mostrada en la figura 2.

El programa hace un recuento en cada paso de tiempo del número de lotes sanos, enfermos, y otros. También cuenta el número total de agricultores que cambian su cultivo y aumentan sus pesticidas, además cuando se encuentra en una permisividad mayor no existe rápida intervención hasta que haya un alto porcentaje de infestación.

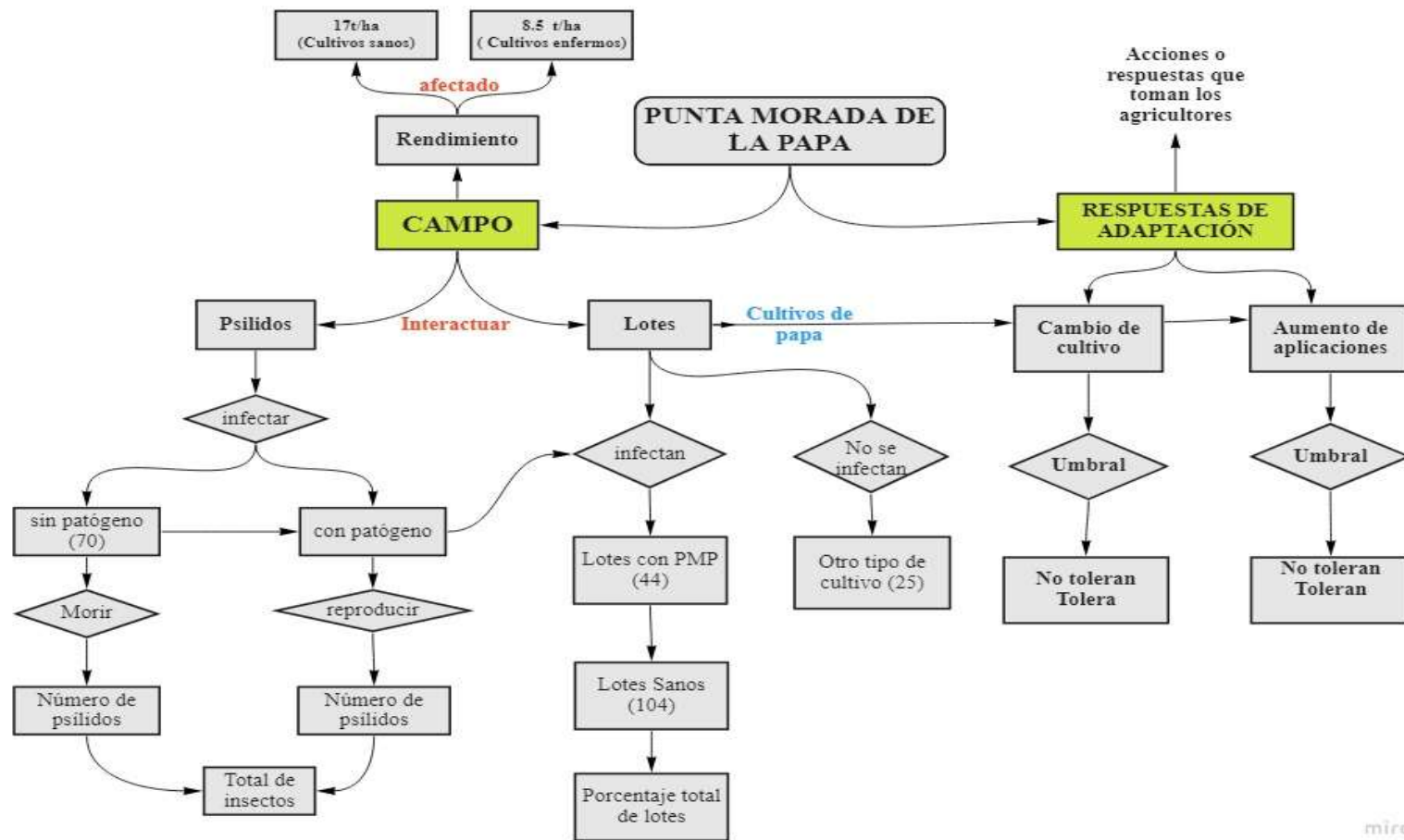


Figura 2 Diagrama del modelo teórico computacional

<https://miro.com/welcomeonboard/I0P0CjoiMAXcIqrfWEAQEPyEd780fHMiNw9qROfZ8nUBibNNZN3HgZhpVBTAYKds>

Elaborado por: (Herrera, 2020)

10.7.5. Inicialización del modelo

Los agentes se disponen aleatoriamente en el paisaje con una proporción y número previamente asignados. Existe 70 psíldos, así mismo los agricultores están asignados por cada cultivo presente. La figura 3 muestra las condiciones de partida de la simulación del tratamiento control. La figura 4 muestra las respuestas adoptadas por el agricultor. En la tabla 1, se encuentran los valores de los parámetros utilizados para iniciar las simulaciones.

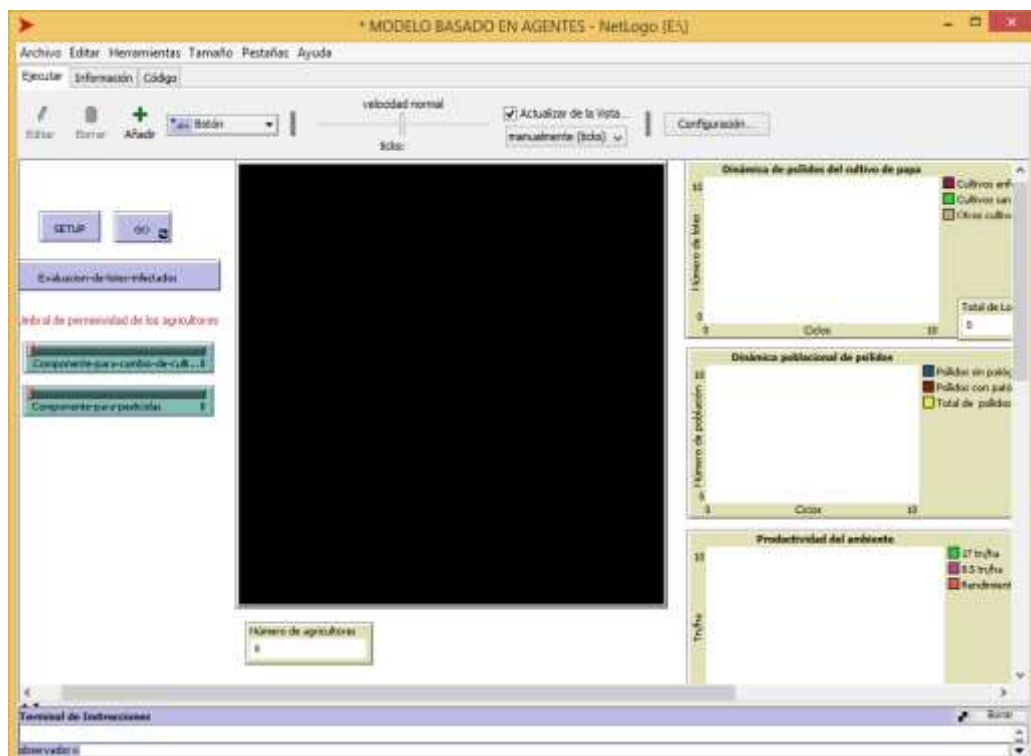


Figura 3. Interfaz del modelo en NetLogo que muestra el estado inicial de la simulación.

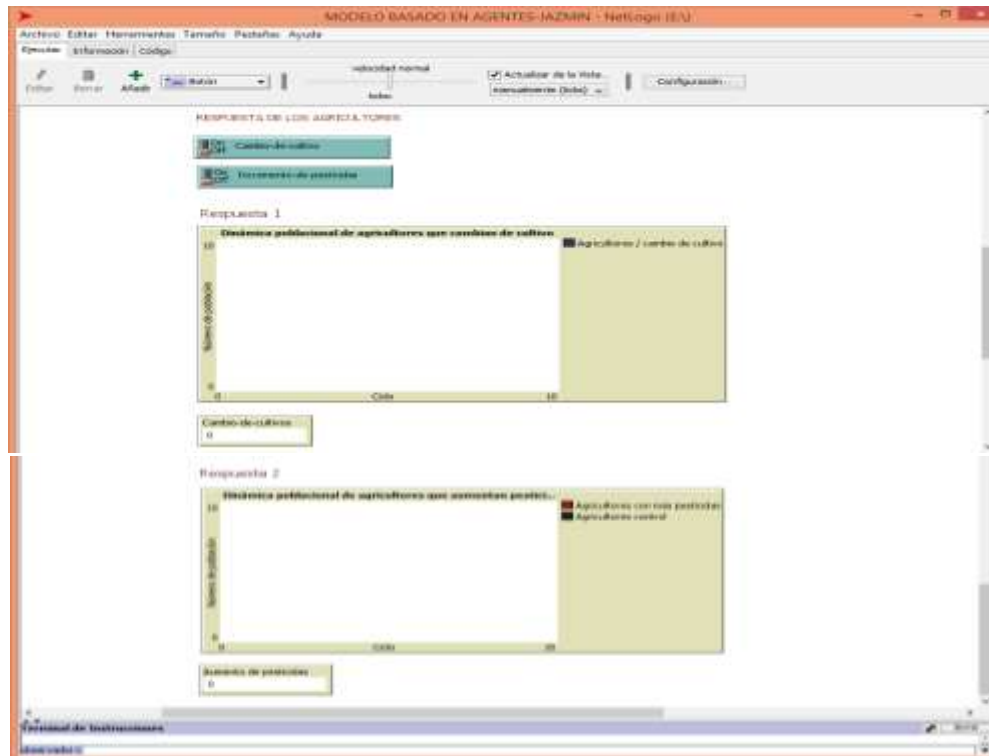


Figura 4. Interfaz del modelo en NetLogo que muestra las respuestas del agricultor en la simulación.

Tabla 2. Rango de valores estándar del modelo

Variables	Valor por defecto	Valor mínimo	Valor máximo
Población de psíidos inicial	70	No existe	70
Población de agricultores iniciales	169	No existe	169
Porcentaje de cultivos sanos	62%	No existe	Variado
Porcentaje de cultivos enfermos	24%	No existe	Variado

Porcentaje de otro tipo de cultivo	15%	No existe	No cambia
Período de la simulación	300 ciclos	No existe	300 ciclos
Respuestas de adaptación	2	No existe	2

Elaborado por: Herrera, 2020

10.7.6. Funcionamiento del modelo

Hay tres tipos principales de agentes en este modelo: el campo (Lotes), psílicos y agricultores. Los lotes son conjuntos de patches donde; el color violeta representa los cultivos infectados, los de color verde cultivos sanos y los de color café representa otro tipo de cultivo, los agricultores (visualizados como personas) se presenta de color negro y rojo. Consta de dos partes donde el problema es Punta morada. Por un lado, está el campo que será el escenario control. Donde se presenta, el número inicial de psílicos siendo 70, estos insectos deambulan por el mundo al azar infectando los lotes de papas, visualizadas como parcelas, tenemos un total de 169 patches. Se imaginó, esto para que la simulación pueda crear un mundo real, donde 104 patches son verdes, 40 patches son violeta y 25 patches son café. Los psílicos deambulan por el campo y al topar los cultivos verdes los infecta y provoca la reproducción de un psílido, lo mismo sucederá al toparse con los cultivos violeta habrá reproducción, pero esto no sucede al toparse con los patches el color café, los psílicos morirán al no haber infestación. Los patches se podrán ajustar para aumentar los cultivos de iniciación. También se asignará un rendimiento de producción, si tenemos 104 lotes sanos sería igual al 100% de producción que está representado por las 17t/ha^{-1} . También si tenemos 40 lotes infectados representaría el 50% de la producción representando 8.5t/ha^{-1} . Entonces lo que el modelo simula es que al haber propagación de PMP y tener más cultivos infectados nuestra producción disminuirá significativamente y en caso de que no existiera ningún cultivo infectado nuestro rendimiento no cambiara.

Además, se contará los ticks como ciclo del cultivo. Al tener mayor número de insectos reproducidos siendo los efectores de punta morada, provocara pérdidas de rendimiento, es decir que al presentarse problemas en el cultivo el rendimiento será menor que al tener un cultivo sano.

La segunda parte del modelo está representado por las respuestas o medidas de adaptación por parte de los agricultores, esto se lo realiza mediante la evaluación del escenario Sin intervención donde cada agricultor observará cuantos lotes infectados tiene a su alrededor y empezara a responder frente al problema. Estas medidas están programas con umbrales de permisividad los cuales ayudar a determinar la cantidad de agricultores que adopta cada medida.

10.9. Implementación de modelo basado en agentes

Después de la creación del modelo teórico y determinando los componentes que se iban a modelar se realiza la implementación del modelo en el software NetLogo en el cual mediante códigos (sección 2) se les dará una característica distinta a cada agente para que interactúe en el mundo simulado.

10.10. Escenarios del modelo

Se establecen 3 escenarios diferentes, los cuales se modifican los deslizadores, umbral de tolerancia. Y los switches o interruptores de las respuestas de los agricultores. Las cuales determinan cómo influye en la propagación de PMP.

El modelo empieza desde el escenario Sin intervención donde se observa como el psílido deambula por todo el paisaje infectando a los cultivos de papa, aumentando la propagación de PMP. En cada uno de los escenarios se tiene el eje de las x donde muestra el número de lotes, número de psílicos y las unidades de medida (t/ha^{-1}) y en el eje de la se tiene los ciclos tanto del cultivo de papa como de los psílicos.

Tabla 3. Escenarios del modelo, respuestas de los agricultores.

ESCENARIOS	RESPUESTA	UMBRAL DE PERMISIVIDAD
Sin intervención (Escenario control)	No se activa ninguna respuesta	No se activa el umbral
Cambio de cultivo (Escenario 1)	El agricultor no permite la presencia de PMP en su paisaje (Baja permisividad)	Nula
	El agricultor permite la presencia de PMP en su paisaje (Media permisividad)	25
	El agricultor permite la presencia de PMP en su paisaje (Alta permisividad)	50
Aumento de pesticidas (Escenario 2)	El agricultor no permite la presencia de PMP en su paisaje (Baja permisividad)	Nula
	El agricultor permite la presencia de PMP en su paisaje (Media permisividad)	25
	El agricultor permite la presencia de PMP en su paisaje (Alta permisividad)	50

Fuente: Jazmin Herrera**Elaborado por:** Autor

11. RESULTADOS

11.1. Encuestas individuales

Los resultados de las encuestas muestran que los agricultores de la provincia cambiaron de cultivo (32%), aumentaron el uso de pesticidas (41%), cambian sus variedades (45%), cambiaron de fuentes de semilla (32%). Se seleccionó estas dos respuestas porque se tiene información sólida a base de estas respuestas y son importantes alrededor de PMP y varios problemas agrícolas. Asimismo, porque al cambiar de cultivo cambia el paisaje agrícola y cambio el uso de suelo por eso es importante el monitoreo de esta respuesta. Respuestas fundamentales con la revisión bibliográfica. **Figura 5.**

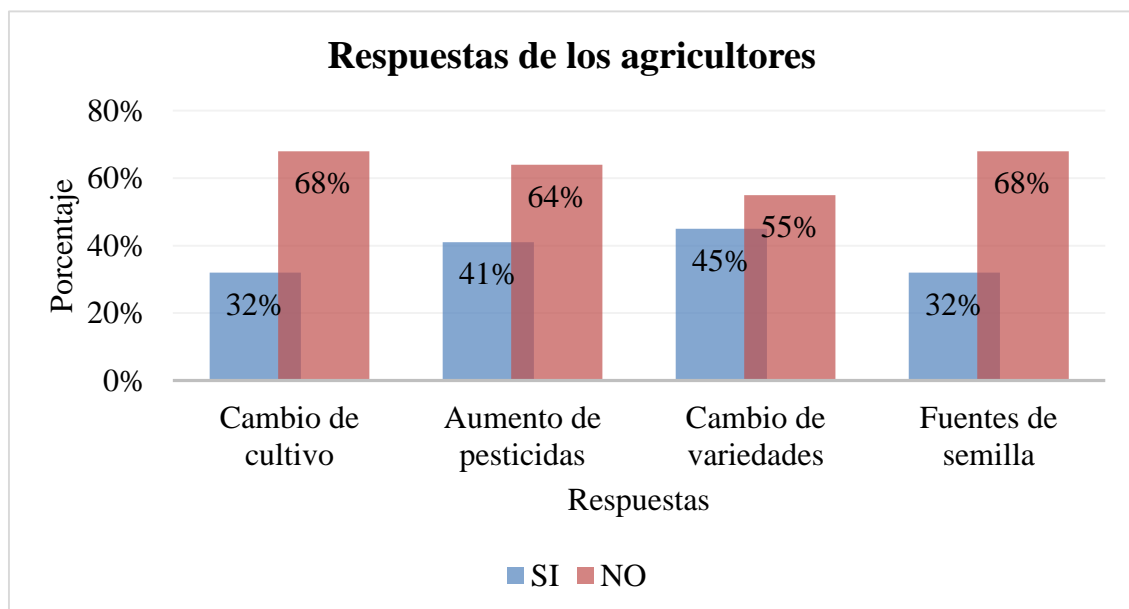


Figura 5. Frecuencia de respuesta de los agricultores frente a PMP, en la provincia de Cotopaxi.

Elaborado por: Autor

Los agricultores informaron que utilizaban como medidas el cambio de cultivos. Provocando la pérdida de su cultivo y el abandono de la producción de papa, medida optada por varios agricultores como respuestas de adaptación, Mientras que los agricultores que no presentaron PMP buscaban la manera de adaptarse y evitar que su cultivo se infecte.

El aumento de pesticidas fue la segunda respuesta mencionada por los agricultores. Uno de los encuestados mencionó que: *Actualmente casi siete, ocho curaciones por el problema de punta morada, o sea para prevenirle, aunque no me ha caído punta morada... pero por las dudas a prevenirlo.*

Las otras dos prácticas adoptadas por el agricultor se tiene el cambio de fuentes de semilla, representando el 32% de la población y como cuarta respuesta se tiene el cambio de variedades, representado por 45% de la población al verse afectado por PMP.

Los resultados encontrados en nuestra encuesta concuerdan con los reportes de otros agricultores. Según un agricultor de Picaihua (Tungurahua), el año anterior perdió dos sembríos por la punta morada de la papa, esto equivale a aproximadamente 2 mil dólares de inversión que nunca recuperó. *“Cuando el cultivo está con plaga casi no se nota porque las hojas y las raíces son hermosas, pero no hay fruto”*. Actualmente, este agricultor optó por sembrar cebolla en sus terrenos para evitar que la plaga vuelva a perjudicarlo. Otro de los agricultores afectado por la punta morada dijo que el año anterior perdió un sembrío debido a PMP. *“Ahora he tenido que cambiar de cultivo para no volver a perder, ojalá que las autoridades puedan controlar la plaga para que no perjudique a más agricultores”*

Tabla 4. Frecuencia del tipo de respuesta estudios frente a PMP

Tipo de respuesta PMP	Frecuencia de agricultores
Con punta morada	
Cambio de cultivo	32%
Aumento de pesticidas	41%

Fuente: Jazmin Herrera

Elaborado por: Autor

11.2. Análisis del modelo

Esta sección muestra los resultados para tres escenarios, elegidos para representar las principales respuestas adoptadas por los agricultores.

Escenario control; Sin intervención

El primer escenario del modelo muestra como los campos de los agricultores se infectan cuando no existe intervención del agricultor frente a la enfermedad (Figura 6A). En este caso, y como es esperado, el número de lotes infectados por PMP se incrementa hasta 98 lotes en el ciclo número 24, (línea violeta). Mientras que el número de lotes sanos en el paisaje disminuye hasta 46 lotes en el ciclo número 24 ciclos (línea verde). A pesar de la alta presencia de PMP, el número de lotes sanos no desaparece y esto se debe al que el psílido aún no ha llegado a infectar a estos lotes. El número de otros cultivos (línea café) no se incrementa ya que el agricultor no toma ninguna respuesta, manteniendo 25 lotes.

Sin embargo, la población de psílicos empiezan a variar considerablemente (Figura 6B). En este caso, el número de psílicos que se contaminan con el patógeno se incrementa a 35 psílicos en el ciclo número 24, (línea roja). Mientras que el número de psílicos sin patógeno empieza a decaer lentamente hasta llegar a 12 psílicos, (línea azul). Por lo tanto, al haber presencia de PMP, en los cultivos la población de psílicos contaminados con patógeno se incrementa de manera aritmética.

Al analizar la productividad del ambiente podemos ver que en los lotes sanos es de 17t/ha (línea verde) y en los cultivos enfermo es de 8,5 t/ha (línea violeta) evidenciándose una reducción de la producción, cuando los agricultores no responden a la presencia de PMP. Donde los índices de producción para los lotes sanos inician con 17 t/ha⁻¹, y a medida que avanza el número de ciclos la producción va disminuyendo hasta llegar a un promedio de 663 t/ha⁻¹. Asimismo, la producción para los cultivos enfermos es de 8,5 t/ha⁻¹ donde se evidencia que después de la presencia de PMP llega a 892,5 t/ha⁻¹ mostrando una producción total de 1555,5 t/ha⁻¹. Es decir, el agricultor al no responder habrá una pérdida en la producción de cultivos sanos. Estos resultados se encuentran alineados con los trabajos de (Parga, 2011) que menciona que las pérdidas pueden alcanzar hasta 90% y en ocasiones, pueden llegar hasta el 100% de su producción, si no existe intervención.

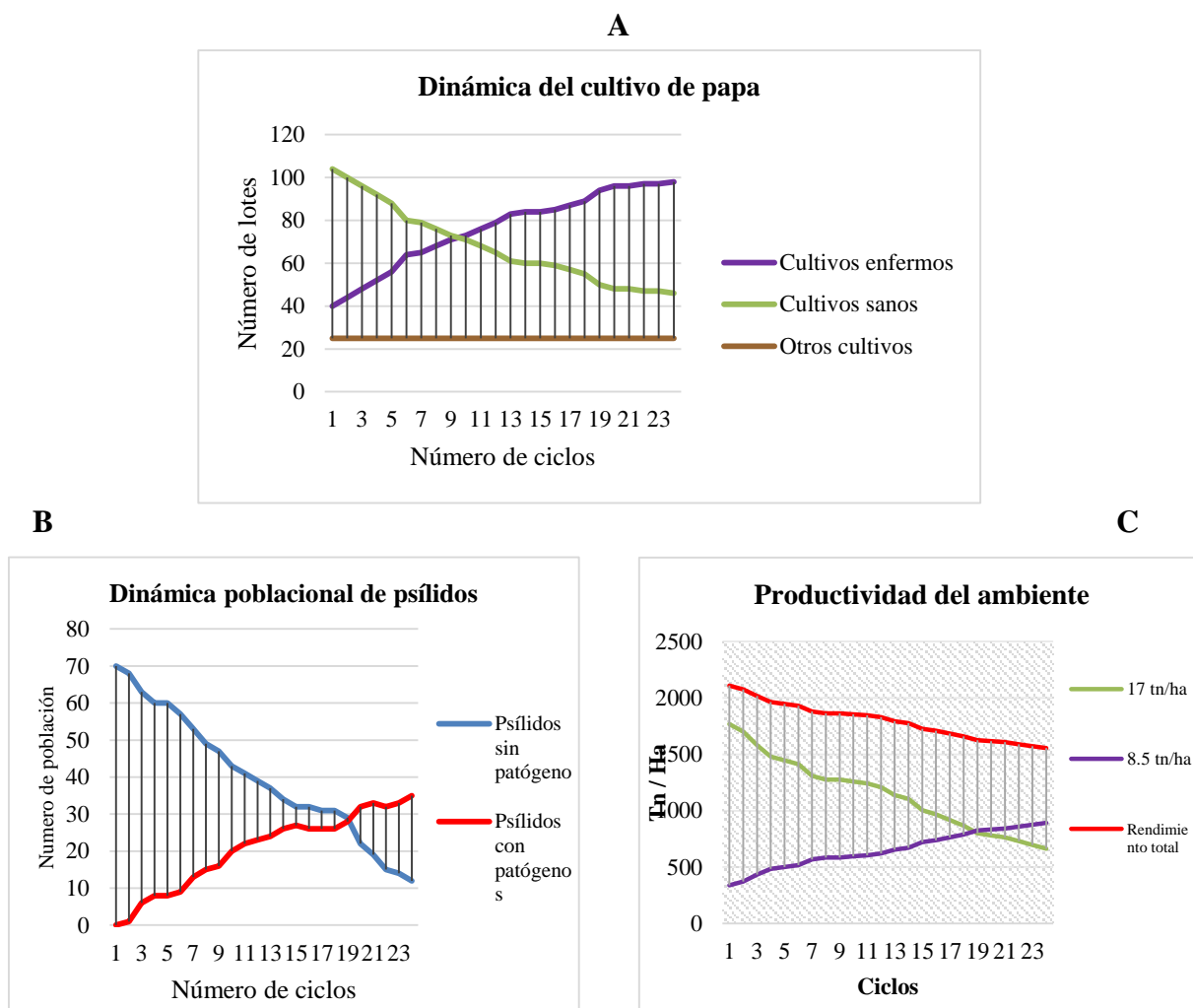


Figura 6. Variables evaluadas en el escenario control (Sin intervención). (A) Dinámica de cultivos de papa (B). Dinámica poblacional de psílicos y (C) productividad.

11.2.1. Escenario 1: Cambio de cultivo

Este escenario simula el comportamiento del agricultor al cambio de cultivo. La situación es diferente cuando el agricultor responde agresivamente y no espera a que sus vecinos tengan PMP para cambiar su cultivo (figura 7A). En este caso, el agricultor cambia rápidamente el cultivo de papa. Por esta razón, se puede ver un incremento de cultivos distintos a papa llegando a 125 de lotes en el ciclo número 24. Asimismo, el número de campos infectados llega hasta 44 lotes y el número de lotes sanos llega a 0 en el ciclo número 24, debido a que los agricultores cambiaron su cultivo. También se observa en la figura (7B) al tener una permisividad media el agricultor va esperar a que haya lotes infectados para cambiar su

cultivo. En este caso la respuesta no es tan rápida. Por esta razón, se puede ver un incremento de cultivos distintos a papa hasta 94 lotes en el ciclo número 24. Mientras que el número de lotes infectados llega a 64 y el número de lotes sanos hasta 14 lotes en el ciclo número 24. Sin embargo, al tener alta permisividad (figura 7C) la toma de decisión por parte del agricultor va ser mucha más lenta. Mostrando que los lotes distintos a papa llegan a 47 lotes en el ciclo número 24. Mientras que los lotes infestados llegan a 83 y el número de lotes sanos hasta 34 lotes en el ciclo número 24. Estos resultados muestran que teóricamente un cambio de cultivo representa un buen manejo de la enfermedad en el paisaje. Los resultados se encuentran alineados con los trabajos de Abranham, (2017) y Baninipati (2015) que mencionan que la rotación de cultivo o la diversificación de cultivos en el paisaje ayudan a disminuir las plagas y enfermedades.

11.2.2. Escenario 2: Aumento de pesticidas

La situación contrasta cuando el agricultor incrementa la aplicación de pesticidas inmediatamente y no espera a que haya PMP (Figura 7D). Los resultados muestran que el número de cultivos sanos (la línea verde) se incrementa a 144 lotes en el ciclo número 24 y el número de cultivos con PMP decae llegando a 0 lotes infestados. El número de otros cultivos no se incrementa, manteniendo su número inicial de 25 lotes hasta el ciclo número 24. Asimismo, al tener el agricultor permisividad media (figura 7E) el número de cultivos sanos llega hasta 107 lotes y el número de cultivos con PMP decae llegando a los 37 lotes en el ciclo número 24, mostrando que si el agricultor espera que sus vecinos tengan PMP la enfermedad se propagará paulatinamente. Sin embargo, al encontrarse en una permisividad alta la respuesta del agricultor va ser mucho más lenta donde se observará que habrá más cultivos enfermos llegando hasta 51 lotes en el ciclo número 24 y el número de cultivos sanos hasta 93 lotes en el ciclo número 24 (figura 7F). Esto muestra que el incremento de pesticidas también funciona como una respuesta para controlar PMP a nivel de paisaje. Teóricamente, es posible controlar PMP y el psílido de la papa, pero si se lo hace de manera indiscriminada pueden existir potenciales problemas como generación de fenotipos resistentes de psílicos (Ortiz, 1999; Huet, 2020).

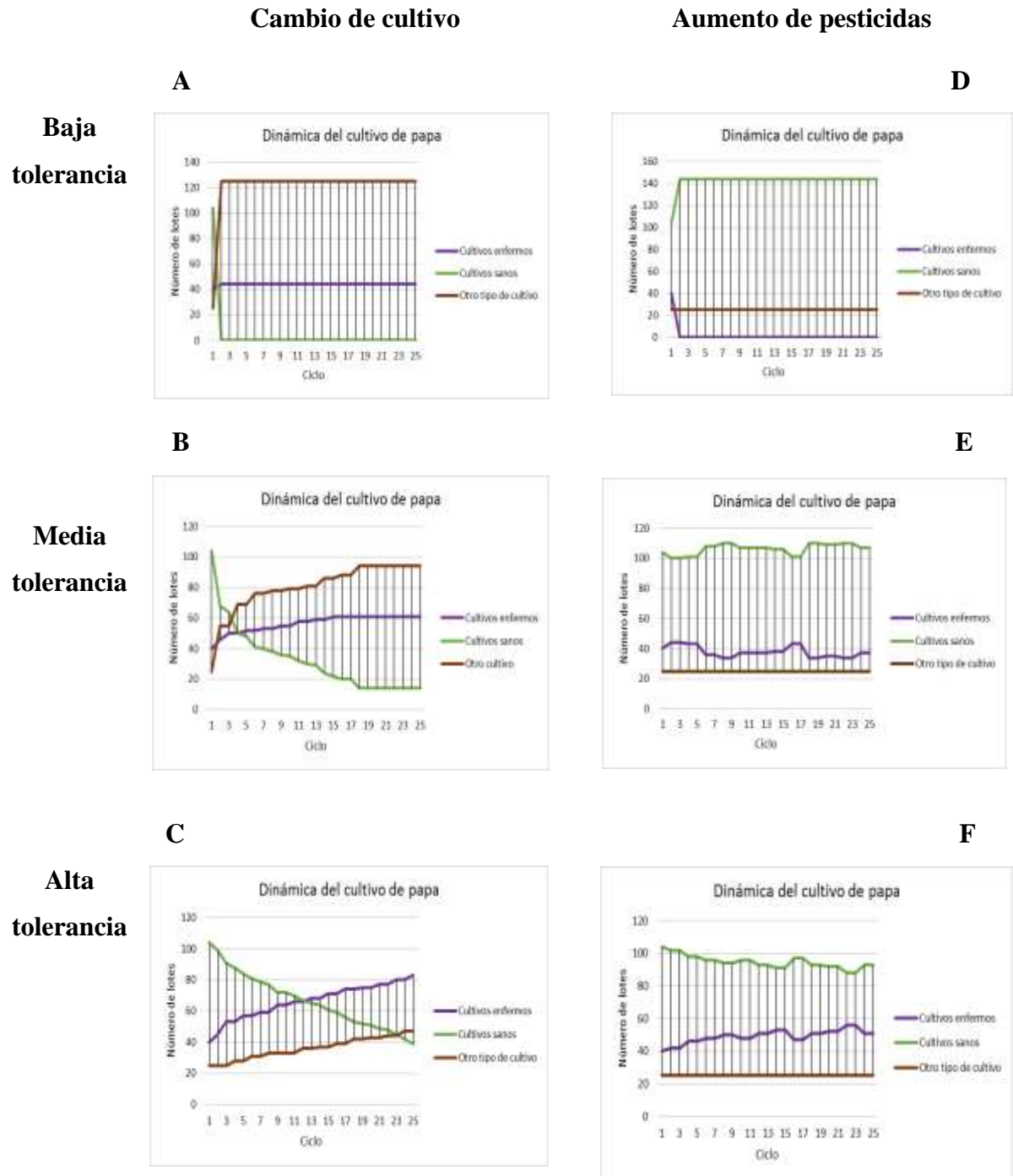


Figura 7. Dinámica poblacional del cultivo de papa, (7A) Sin intervención, 7B, E) No permisividad (7C, F) Permisividad media, (7D, G) Permisividad alta.

11.3. Variación de la población del psílido

Lo mismo sucede con la población de psílidos (**Escenario 1:** cambio de cultivo, figura 8A). En este caso, se puede ver un descenso de la población. Los resultados muestran que el número de psílidos que se contaminan con el patógeno decae a 9 psílidos en el ciclo número 24. Mientras que el número de psílidos sin patógeno llega hasta 16 psílidos en el ciclo número 24 de la simulación. Asimismo, cuando se encuentra el agricultor en permisividad media (figura 8B) muestra que los psílidos que se contaminan con patógeno llegan a 9 psílidos y el número de psílidos sin patógeno llega a 27 en el ciclo número 24. Mientras que al tener una permisividad alta la población de psílidos presenta un incremento ya que al no haber una respuesta rápida la población de psílidos seguirá reproduciéndose y su muerte será paulatina, donde se muestra que el número de psílidos que se contaminan con el patógeno llega a 22 psílidos y el número de psílidos sin patógeno llega hasta 25 psílidos en el ciclo número 24 (Figura 8C). Estos resultados muestran que teóricamente un cambio de cultivo representa un buen manejo para la población de psílidos al tener respuesta rápida del agricultor.

La situación cambia cuando el agricultor aumenta la aplicación de pesticidas, inmediatamente, esto muestra que la población de psílidos decae. (Escenario 2: aumento de pesticidas, figura 8D) donde la población de psílidos sin patógeno llega a 50 en el ciclo número 24. Mientras que al tener una permisividad media se tiene 48 psílidos sin patógeno (figura 8E). Asimismo, que al tener una permisividad alta se observa que el número de psílidos llega a 38 en el ciclo número 24 de la simulación (figura 8F). Los resultados, además muestran que al aumentar las aplicaciones de pesticidas no se evidencia reproducción solo evidenciando psílidos sin patógenos, además que al tener una buena aplicación la población de psílidos se reducirá. Sin embargo, que sus aplicaciones no varían se creará resistencia del psílido.

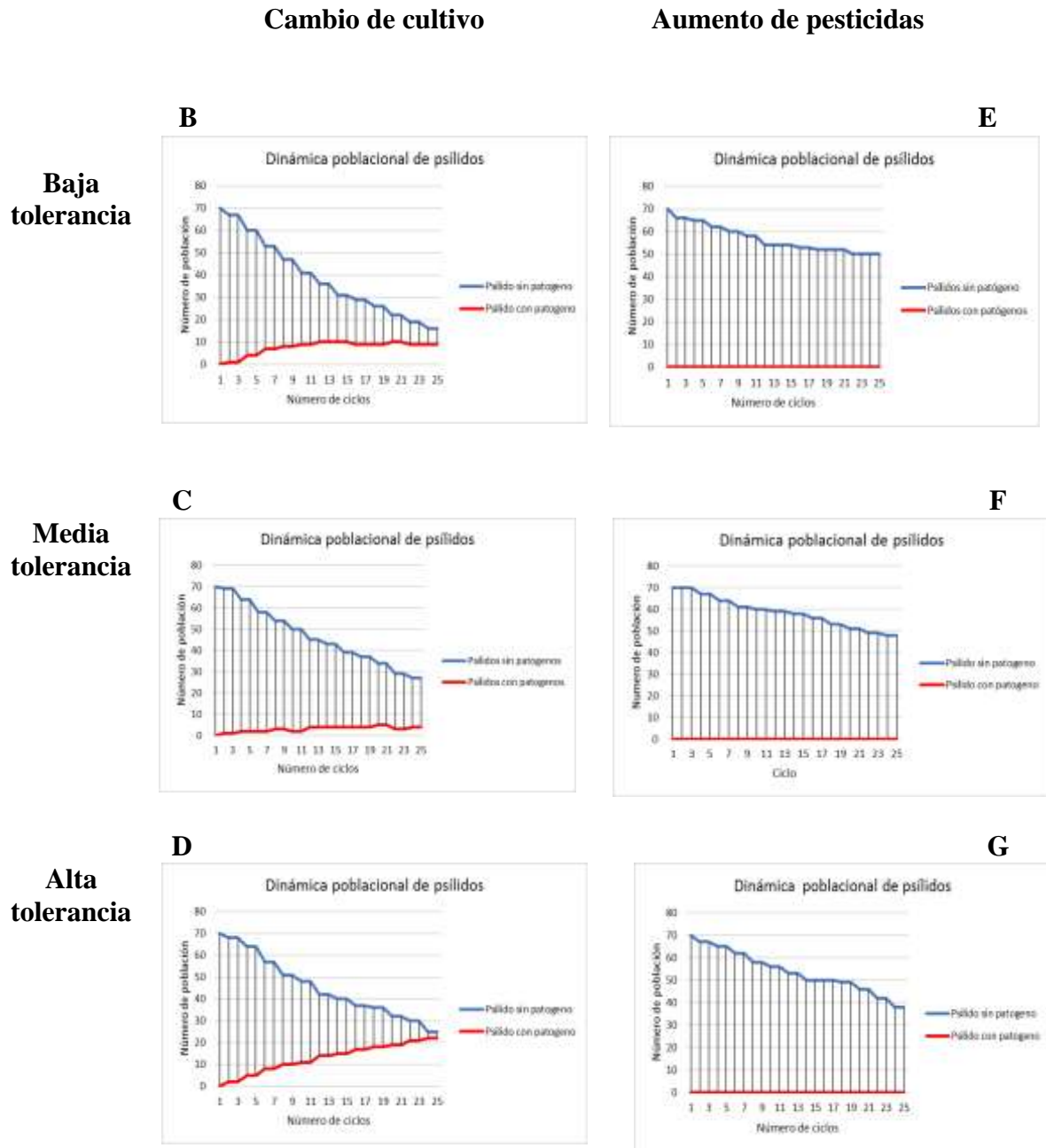


Figura 8. Dinámica poblacional del psílido, (8A) Sin intervención, (8B, E) Permisividad baja (8C, F) Permisividad media, (8D, G) Permisividad alta

11.4. Variación de la productividad del cultivo de papa en el ambiente

Este escenario representa lo que podría suceder si los agricultores decidieran tomar una respuesta ante el aumento de PMP. En el escenario 1 (cambio de cultivo) la productividad del ambiente del cultivo de papa se reduce provocando pérdidas (Figura 9A). En este caso, y como es esperado, la producción baja en los cultivos sanos (línea verde) hasta 0 t/ha^{-1} , esto se debe a que el agricultor cambia su cultivo, lo mismo pasa con la productividad de los cultivos enfermos estos también disminuyen hasta 374 t/ha^{-1} (línea morada) en el ciclo número 24. Sin embargo, al encontrarse el agricultor a una permisividad media, la productividad de los lotes sanos llega hasta 238 t/ha^{-1} y los lotes de los cultivos enfermos llega hasta 518 t/ha^{-1} , teniendo un total de 756 t/ha^{-1} de rendimiento en el ciclo número 24 (figura 9B). Mientras que al tener una permisividad alta la producción en los lotes sanos llega hasta 663 t/ha^{-1} mientras que en los lotes enfermos llega hasta 705 t/ha^{-1} hasta el ciclo número 24, mostrando un total de $1368,5 \text{ t/ha}^{-1}$ en el ciclo número 24. Estos resultados muestran una reducción de la productividad del ambiente en el cultivo de papa al tener un cambio de cultivo (figura 9C). Estos resultados muestran teóricamente que un cambio de cultivo representa una baja productividad del cultivo de papa al no existir producción del cultivo.

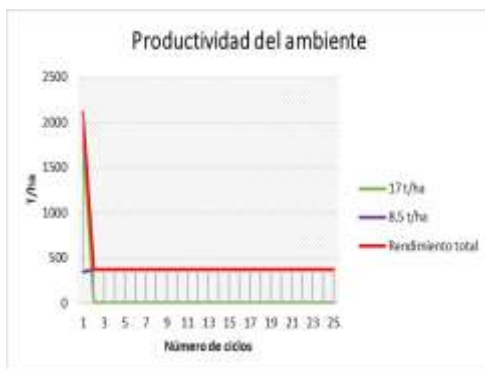
La situación es diferente cuando se tiene un aumento de pesticidas, la productividad del cultivo de papa va tener un incremento. Cuando el agricultor incrementa la aplicación de pesticidas inmediatamente (Escenario 2, figura 9D) la productividad se incrementa a 2448 t/ha^{-1} en el ciclo número 24. Mientras que al estar a una tolerancia media la producción en los lotes sanos llega hasta 1819 t/ha^{-1} y en los cultivos enfermos hasta $3,14 \text{ t/ha}^{-1}$, teniendo un total de 2133 t/ha^{-1} en el ciclo número 24 (figura 9E). Asimismo, al encontrarse a una alta permisividad se tiene que la productividad en los lotes sanos llega hasta 1581 t/ha^{-1} y en los lotes enfermos hasta 433 t/ha^{-1} teniendo un total 2014 t/ha^{-1} en el ciclo número 24 de la simulación. Mostrando que si el agricultor demora en responder el rendimiento se va ver afectado empezando a generar pérdidas y si aumentan de pesticidas se tendrá un leve incremento de la productividad en el ambiente. Estos resultados muestran que teóricamente al no tener una respuesta rápida por el agricultor el rendimiento va disminuir.

Cambio de cultivo

Aumento de pesticidas

Media tolerancia

Alta tolerancia



B



E



C

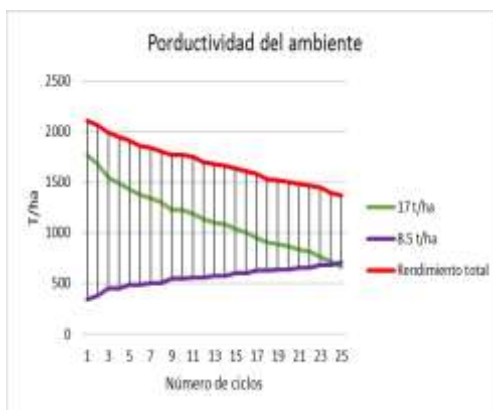
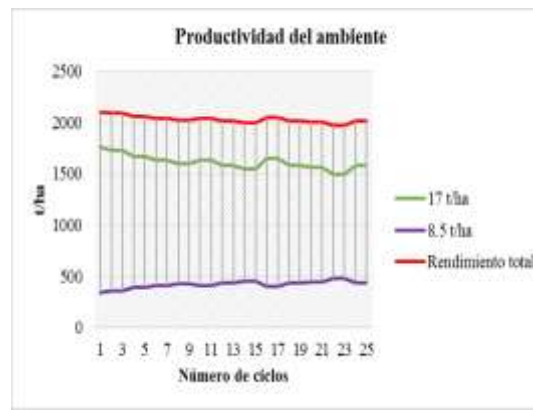
**F**

Figura 9. Dinámica de productividad del ambiente, (9A) Sin intervención, (9B, E) Permisividad baja (9C, F) Permisividad media, (9D, G) Permisividad alta.

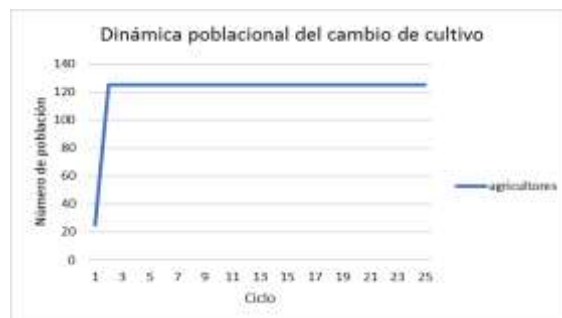
11.5. Variación de los agricultores que adoptan el cambio de cultivo

En el mismo **escenario 1** (Cambio de cultivo) se evalúa el número de agricultores que cambian de cultivo. En la figura (10A) al existir una intervención inmediata, se tiene un aumento de agricultores llegando hasta 120 agricultores en el ciclo número 2, mostrando que al llegar al ciclo número 24 se mantiene constante. Sin embargo, al estar a una permisividad media el crecimiento del número de agricultores va ser lenta (figura 10B) el agricultor esperara que los cultivos de sus vecinos presenten PMP para responder al cambio de cultivo, donde se muestra que en el segundo ciclo existe un incremento llegando hasta 88 agricultores en el ciclo número 24. Mientras que (figura 10C) si la permisividad del agricultor es alta el número de población será mucho más lenta, teniendo 44 agricultores en el ciclo número 24 de la simulación. En otras palabras, que al tener una permisividad media y alta el agricultor será más permisivo a la enfermedad y esperará que sus vecinos tengan su cultivo infectado para responder.

Cambio de cultivo

A

Baja tolerancia



B

Media tolerancia



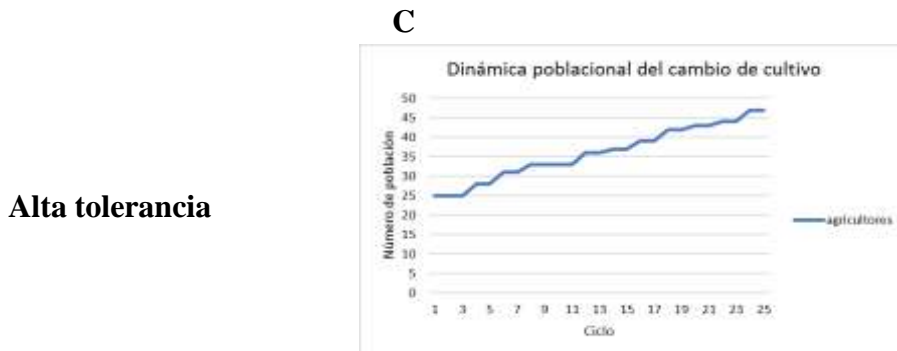


Figura 10 Número de agricultores optan por el cambio de cultivo, Permisividadad baja (6A) Permisividadad media, (10B) Permisividadad alta (10C)

11.6. Variación de agricultores que aumentan sus aplicaciones

Escenario 2 (Aumento de pesticidas)

Los resultados de esta investigación muestran que si el agricultor tiene permisividad baja el número de la población incrementa rápidamente, mostrando que en el primer ciclo asciende considerablemente, llegando a un total de 169 agricultores hasta el ciclo número 10, después habla un descenso de población al dejar de aplicar por no evidenciar ya PMP (figura 11A). Mientras que la figura (11B) muestra como el número de agricultores incrementa desde el 2 ciclo y después de 9 ciclos se mantiene constante a evidenciar la reducción de PMP llegando el número de agricultores a 38 en el ciclo número 24, es decir el agricultor al no observar que sus vecinos tienen PMP dejan de aplicar y esto hace que la curva descienda. La figura (11C) indica que, mientras el agricultor tenga una permisividad alta el número llega hasta 19 agricultores en el ciclo número 24, asimismo se observa que al no presentar presencia de PMP varia y muestra que mientras más permisivo sea el agricultor a la enfermedad de PMP el deja de aplicar haciendo que el número de agricultores vaya aumentando paulatinamente.

Aumento de pesticidas

A

Baja tolerancia



B

Media tolerancia



C

Alta tolerancia

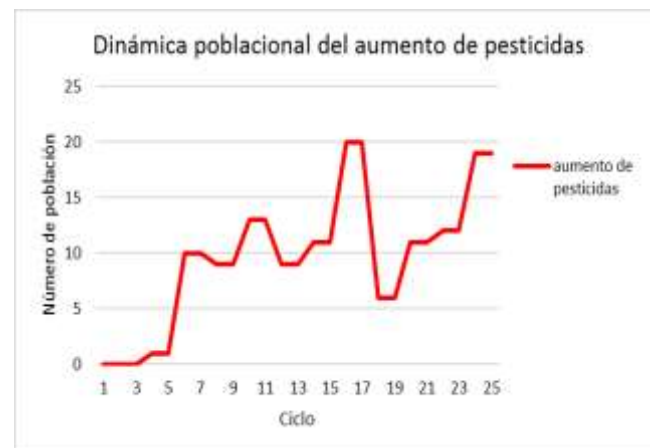


Figura 11 Número de agricultores optan por el aumento de pesticidas, (11A) Permisividad baja, (11B) Permisividad media, (11C) Permisividad alta.

11.7. Discusión

Posteriormente del análisis de las encuestas, la literatura y el modelo simulado se pudo comprender que los agricultores si buscan la manera de adaptarse indistintamente del avance de la enfermedad. Los análisis mostraron que la adaptación de los agricultores difiere entre escenarios, pero coinciden en varios aspectos. Demostrando que las respuestas de los agricultores influyen en la presencia de PMP positivamente ya que la reducción de cultivos con PMP decae considerablemente al igual que el psílido de la papa. Lo cual responde a las preguntas de investigación las cuales fueron: ¿Cuáles son las respuestas de los agricultores frente a la presencia de punta morada en papa? y ¿Cómo las respuestas de los agricultores influyen en la presencia de PMP y del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*)?

11.7.1. Desarrollo de la enfermedad de punta morada en los campos de los agricultores

Los resultados mostraron que el cambio de cultivo representa un buen manejo de la enfermedad, ya que ayuda a disminuir la presencia de la enfermedad al encontrarse a una baja, media y alta tolerancia. Además, muestran que en el escenario control (**Sin intervención**) al no existir intervención del agricultor la propagación de la enfermedad va incrementando al llegar a infectar a la mayoría de cultivos de papa, creciendo el número de lotes enfermos. Sin embargo, al haber intervención como se muestran en los escenarios 1 y 2 la propagación de la enfermedad se detiene y existe un crecimiento del número de lotes distintos a papa y disminuyendo los lotes sanos y enfermos. Al mismo tiempo al responder con el aumento de pesticidas se observa que la propagación de lotes enfermos va disminuyendo y aumentando los cultivos sanos. Es decir, estas respuestas influyen a la mitigación de PMP.

11.7.2. Dinámica de población de psílicos

La presencia de psílicos en el escenario control crece, y existe mayor reproducción del psílido al no presentar intervención, mientras que en los escenarios 1 y 2 simulados se observa que, si el agricultor responde con el cambio de cultivo el crecimiento de psílicos y la reproducción es más lenta, mientras que al aumentar sus aplicaciones no existe reproducción y los psílicos empiezan a disminuir rápidamente.

11.7.3. Variación de productividad

En el escenario control se observa que la producción disminuye al haber presencia de PMP, asimismo se muestra que, si al haber intervención del agricultor la producción en el cambio de cultivo disminuye al no existir cultivos sanos. Sin embargo, que al aumentar sus aplicaciones de pesticidas la producción va incrementar al no haber presencia de PMP.

11.7.4. Variación de agricultores que cambian de cultivo y aumento de pesticidas

El número de agricultores en el cambio de cultivo y aumento de pesticidas aumenta indistintamente al encontrarse a una tolerancia baja su incremento será rápido, mientras que al encontrarse a una tolerancia media y alta el número se incrementará paulatinamente al no existir una rápida respuesta. La situación en ambos escenarios es que, si el agricultor responde inmediatamente sin esperar que sus vecinos tengan PMP, el número de agricultores incrementa rápidamente, mientras que si el agricultor primero empieza observar que sus vecinos tengan PMP su respuesta será más lenta y el incremento será poco irregular.

Nuestros resultados concuerdan con varios estudios , por ejemplo es el caso agricultores en África subsahariana toman como medidas: (i) generar ingresos de fuentes no agrícolas (Douxchamps et al., 2016 ; Wichern, 2019), (ii) adaptar o difundir las fechas de siembra (Milgroom y Giller, 2013 ; Traore et al., 2014), (iii) mantienen la diversidad de cultivos (Frison et al., 2011), (v) tener campos para la producción compartida e individual dentro de un hogar (Guirkinger y Platteau, 2014) o como el cambio de cultivos, que era común en los hogares con más tierra disponible. (Wichern, 2019). También, según (Abid *et al.*, 2019) muestran el cambio de variedades de cultivos, aumento de la dosis de fertilizante, compra de otro producto, las fechas de siembra y la plantación de árboles de sombra son las principales medidas de adaptación adoptadas por otros hogares agrícolas.

También, (Mertz *et al.*, 2009) se menciona que las medidas viables para hacer frente a problemas son la adición de fertilizantes, la rotación de cultivos (especialmente con leguminosas), la retención de los residuos de los cultivos en la superficie del suelo o su incorporación al suelo, la reducción al mínimo de los cultivos, el ajuste de las fechas de siembra, cambian las especies de cultivos y utilizando semillas de mejor calidad (Martin et al.,

2013; Montgomery et al., 2015). Los agricultores mostraron cierta comprensión y aprendizaje sobre las prácticas agrícolas de conservación., para reducir la incidencia de enfermedades.

Cabe mencionar que muchas de las respuestas que fueron mencionadas por los agricultores no fueron estudiadas. El siguiente paso que se debe realizar es la incorporación de las demás respuestas mencionadas por el agricultor en el modelo. Además, es importante validar y parametrizar el modelo. Asimismo, las futuras intervenciones mejoraran la adaptación a PMP en la provincia y estas podrían centrarse en los agricultores que han empezado a adaptarse.

12. PRESUPUESTO

Tabla 5. Presupuesto estimado para la realización del proyecto investigativo

Actividad	Presupuesto estimado	Cantidad	Unidad	Total
Encuestas	10	22	Encuesta	220
Impresiones	0,05	22	Impresiones	1,1
Tesis	6	4	Anillados	24
Copias b/n	0,03	100	Copias	3
Copias color	0,1	100	Copias	10
Pasajes	5	12	Personas	60
Alimentación	5	4	Personas	20
Imprevistos	10	3	Imprevistos	30
Total				368,1

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- En la provincia de Cotopaxi, los agricultores adoptaron diferentes medidas frente a PMP entre las cuales se encuentran: cambio de variedad (45% de agricultores), cambio de cultivo (32%) y aumento de aplicación de pesticidas (41%) y cambio de fuentes de semilla (32%).
- Por medio del software NetLogo fue posible construir un modelo basado en agentes, que permitió simular el comportamiento de la enfermedad en base a la respuesta de los agricultores. En este software se utilizaron diferentes agentes y arrojó posibles escenarios frente a la presencia de PMP. Debido a la versatilidad del mismo, es posible utilizarlo en otras investigaciones de diferentes áreas.
- Las simulaciones mostraron que la rotación o diversificación de cultivos en el paisaje ayudan a disminuir la propagación del PMP. Por el contrario, si el agricultor no emplea ninguna medida PMP y el psílido se propagan con rapidez en el ambiente.
- El modelamiento en base al uso de pesticidas demostró que la propagación del PMP se reduce cuando los agricultores aumentan sus aplicaciones. Por otro lado, PMP y el psílido se propagan con rapidez al no existir la intervención del agricultor.
- Por lo anteriormente expuesto se determina que la presencia de PMP ha provocado la adaptación del agricultor mediante la implementación de diferentes respuestas para mitigarla

13.2. Recomendaciones

- Se deberían realizar estudios en diferentes zonas paperas del Ecuador para conocer otras medidas de mitigación frente al PMP implementadas por otros agricultores.
- Otros componentes deberían ser incluidos en el modelo: el cambio de fuentes de semilla y el cambio de variedades por parte de los agricultores, para conocer cómo influyen en la mitigación de PMP.
- Es importante realizar la parametrización y validación del modelo.
- Se deberían realizar las encuestas ya programadas en el cronograma de actividades previamente establecidas al inicio de la investigación y suplir las respuestas de adaptación de los agricultores de los demás cantones de la provincia de Cotopaxi.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Abid, M., Scheffran, J., Schneider, U. A., & Elahi, E. (2019). Farmer Perceptions of Climate Change, Observed Trends and Adaptation of Agriculture in Pakistan. *Environmental Management*, 63(1), 110-123. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1113-7>
- Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotey, V., Cock, M., Colmenarez, Y., Corniani, N., Day, R., Early, R., Godwin, J., Gomez, J., Moreno, P. G., Murphy, S. T., Oppong-Mensah, B., Phiri, N., Pratt, C., Richards, G., Silvestri, S., & Witt, A. (2017). *Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa*. 144.
- Badiella, L. (2011). Modelos Lineales Generalizados Mixtos Algunos Casos Practicos . X Congreso Galego de Estatística e Investigación de Operacions, Estadística Aplicada, Univ. Aut`onoma de Barcelona.
- Bahinipati, C. S., & Venkatachalam, L. (2015). What drives farmers to adopt farm-level adaptation practices to climate extremes: Empirical evidence from Odisha, India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 347-356. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.08.010>
- Bernal, M. F. (2010). Modelización Basada en Agentes aplicada a sociedades cazadoras recolectoras patagónicas. *AECID-Universidad Autónoma de Barcelona*.
- Bryan, E., Deressa, T. T., Gbetibouo, G. A., & Ringler, C. (2009). Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: Options and constraints. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 413-426. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.11.002>
- Buffa, B. A., & Barrea, D. A. A. (2015). *Métodos Matemáticos para Modelos Basados en Agentes*. 40.
- Cadena-Hinojosa, M. A., Guzmán-Plazola, R., & Zavala-Quintana, T. E. (2003). Distribución, Incidencia y Severidad del Pardeamiento y la Brotación Anormal en los Tubérculos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en Valles Altos y Sierras de los Estados de México, Tlaxcala y el Distrito Federal, México.

- Caicedo, C., & Peralta, E. (Enero de 2001). <http://repositorio.iniap.gob.ec>. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/441/4/iniapscbt89.pdf>
- Caicedo, J., Crizón, M., Pozo, A., Cevallos, A., Simbaña, L., Rivera, L., & Arahana, V. (2015). First report of ' *Candidatus* Phytoplasma aurantifolia' (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel-Carchi, Ecuador. *New Disease Reports*, 32, 20. <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2015.032.020>
- Cantergiani, C. de C., & Delgado, M. G. (2011). Modelos basados en agentes aplicados a estudios urbanos: Una aproximación teórica. *Serie Geográfica*, 17, 29-43. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3790733>
- Caparrini, F. (2019). *NetLogo: Fundamentos teóricos*. <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=179>
- Cardoso, C., Bert, F., & Podestá, G. (2014). *Modelos Basados en Agentes (MBA): Definición, alcances y limitaciones*. 14.
- Chaverri, F. Q. (2018). *Introducción al lenguaje netlogo y la programación basada en agentes*. 161.
- Chávez, J. D. C. (s. f.). *Potato zebra chip disease in Ecuador: Situation and perspectives*. 53.
- CIP. (2020, abril 27). Plagas de papa en Ecuador podrían diseminarse a la región Andina. *International Potato Center*. <https://cipotato.org/es/blog-es/plagas-papa-ecuador-podria-diseminarse/>
- Dang, H. L., Li, E., Bruwer, J., & Nuberg, I. (2014). Farmers' perceptions of climate variability and barriers to adaptation: Lessons learned from an exploratory study in Vietnam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(5), 531-548. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9447-6>
- Deressa, T. T., Hassan, R. M., & Ringler, C. (2011). *Perception of and adaptation to climate change by farmers in the Nile basin of Ethiopia* / *The Journal of Agricultural Science* / *Cambridge Core*. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/perception-of-and-adaptation-to-climate-change-by-farmers-in-the-nile-basin-of-ethiopia/98FC44BF50B3E78DC8205A464097CDB8>

- Devaux, A., Kromann, P., & Ortiz, O. 2. (2014). Potatoes for sustainable global food security. . *Potato Research. (Netherlands)*. , ISSN 0014-3065. 57(3-4): 185-199.
- Di Falco, S. (2014). "Adaptation to climate change in Sub-Saharan agriculture: assessing the European. *Review of Agricultural Economics* 41(3), 405.
- Di Falco, S. V. (2011,2012). Does adaptation to climate change provide food security? A micro-perspective from Ethiopia. . *American Journal of Agricultural Economics* 93(3) , 829–846.
- Douxchamps, S., Van Wijk, M. T., Silvestri, S., Moussa, A. S., Quiros, C., Ndour, N. Y. B., Buah, S., Somé, L., Herrero, M., Kristjanson, P., Ouedraogo, M., Thornton, P. K., Van Asten, P., Zougmore, R., & Rufino, M. C. (2016). Linking agricultural adaptation strategies, food security and vulnerability: Evidence from West Africa. *Regional Environmental Change*, 16(5), 1305-1317. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0838-6>
- Frison, E. A., Cherfas, J., & Hodgkin, T. (2011). Agricultural Biodiversity Is Essential for a Sustainable Improvement in Food and Nutrition Security. *Sustainability*, 3(1), 238-253. <https://doi.org/10.3390/su3010238>
- Galvez, J. M., Corbelle, E., & García, A. (2012). *Una introducción al modelado basado en agentes para la simulación de cambios de uso del suelo*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/308651444_Una_introduccion_al_modelado_basado_en_agentes_para_la_simulacion_de_cambios_de_uso_del_suelo
- Garcia, J. I., & Medina, V. (2011). La simulación basada en agentes: Una nueva forma de explorar los fenómenos sociales. *REIS: Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 136, 91-110. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3748058>
- Ginovart Gisbert, M., Portell Canal, X., Ferrer-Closas, P., & Blanco Abellán, M. (2011). Modelos basados en el individuo y la plataforma NetLogo. *Unión. Revista Iberoamericana de educación matemática*, 27, 131-150. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/13553>
- Grimm, V. (2010). The ODD protocol: A review and first update. *Ecological Modelling*, 9.

- Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., Goss-Custard, J., Grand, T., Heinz, S., Huse, G., Huth, A., Jepsen, J., Jørgensen, C., Mooij, W., Müller, B., Pe'er, G., Piou, C., Railsback, S., Robbins, A., & Deangelis, D. (2006). A Standard Protocol for Describing Individual-Based and Agent Based Models. *Ecological Modelling*, 198, 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.04.023>
- Guirkingier, C., & Platteau, J.-P. (2014). The Effect of Land Scarcity on Farm Structure: Empirical Evidence from Mali. *Economic Development and Cultural Change*, 62(2), 195-238. <https://doi.org/10.1086/674340>
- Harris, J., Depenbusch, L., Pal, A. A., Nair, R. M., & Ramasamy, S. (2020). Food system disruption: initial livelihood and dietary effects of COVID-19 on vegetable producers in India. *Food Security*, <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01064-5>.
- Iniap. (2017). INIAP ejecuta un plan emergente frente a la presencia de Punta Morada de la Papa en Ecuador. *Library Catalog: www.iniap.gob.ec*.
- IPCC. (2014). Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part a: global and sectoral aspects. contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY*, p 1048.
- Hinkelmann, F., Murrugarra, D., Jarrah, A. S., & Laubenbacher, R. (2010). A Mathematical Framework for Agent Based Models of Complex Biological Networks. *arXiv:1006.0408 [physics, q-bio]*. <https://doi.org/10.1007/S11538-010-9582-8>
- Jaleta, M., Hodson, D., Abeyo, B., Yirga, C., & Erenstein, O. (2019). Smallholders' coping mechanisms with wheat rust epidemics: Lessons from Ethiopia. *PLOS ONE*, 14(7), e0219327. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219327>
- Jin, J., Wang, X., & Gao, Y. (2015). Gender differences in farmers' responses to climate change adaptation in Yongqiao District, China. *Science of The Total Environment*, 538, 942-948. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.027>
- Kameda, T., & Nakanishi, D. (2002). Cost-benefit analysis of social/cultural learning in a nonstationary uncertain environment: An evolutionary simulation and an experiment

- with human subjects. *Evolution and Human Behavior*, 23(5), 373-393.
[https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(02\)00101-0](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(02)00101-0)
- Lindsey, A. P. J., Murugan, S., & Renitta, R. E. (2020). Microbial disease management in agriculture: Current status and future prospects. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101468. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101468>
- Macal, Charles M., Michael J. North, y Douglas A. Samuelson. 2013. «Agent-Based Simulation». Pp. 8-16 en *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, editado por S. I. Gass y M. C. Fu. Boston, MA: Springer US.
- Mertz, O., Mbow, C., Reenberg, A., & Diouf, A. (2009). Farmers' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies in Rural Sahel. *Environmental Management*, 43(5), 804-816. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9197-0>
- Milgroom, J., & Giller, K. E. (2013). Courting the rain: Rethinking seasonality and adaptation to recurrent drought in semi-arid southern Africa. *Agricultural Systems*, 118, 91-104. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.03.002>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1986.). Inventario de plagas, enfermedades y malezas del Ecuador. *Programa Nacional de Sanidad Vegetal, Editores Convenio Sanidad Vegetal-GTZ Quito, Ecuador*, 189 p.
- Navarrete, I., Almekinders, C., Andrade-Piedra, J., & Struik, P. (2020.). Potato purple top in Ecuador: The story of disease dissemination. In preparation. *Publicidad Centro Interanacional de la papa (CIP)*.
- Navarrete, I., Panchi, N. ., & Piedra, J. A. (2017). Potato crop health quality and yield losses in Ecuador. *Revista Latinoamericana de la Papa*, ISSN 1019-6609, ISSN-e 1853-4961, Vol. 21, N° 2.
- Ortiz, O., Winters, P., & Fano, H. (1999). La Percepción de los Agricultores sobre el Problema del Tizón Tardío o Rancho (*Phytophthora infestans*) su Manejo: Estudio de Casos en Cajamarca, Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 11(1), 97-120. <http://papaslatinas.org/index.php/rev-alap/article/view/98>

- Osorio, L. J.-F. (2015). Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Science Direct*.
- Panda, A., Sharma, U., Ninan, K. N., & Patt, A. (2013). Adaptive capacity contributing to improved agricultural productivity at the household level: Empirical findings highlighting the importance of crop insurance. *Global Environmental Change*, 23(4), 782-790. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.03.002>
- Parga Torres, V. M., Zamora Villa, V. M., Borrego Escalante, F., Covarrubias Ramírez, J. M., López Benítez, A., & Almeyda León, I. H. (2011). Evaluation, selection and characterization of potato genotypes tolerant to purple top syndrome. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 29(1), 15-24. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113327113>
- Pereda, M., & Zamarreño, J. M. (2015). Modelado Basado en Agentes: Un Enfoque desde la Ingeniería de Sistemas. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 9.
- Pérez, W., Gamarra, H., Arango, E., Cruz, W., Kreuze, J. F., & Andrade-Piedra, J. L. (2020). *Taller internacional sobre prevencion de la diseminacion de las principales plagas y enfermedades de la papa en la region andina. Informe del taller de RTB*. [Report]. International Potato Center. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/107923>
- Rodríguez, J. S., Soler, C. P., & Ribas, J. V. (s.f.). *Modelización y simulación del comportamiento epidemiológico de la gripe en la ciudad de barcelona. Trabajo final de grado*. 61.
- Roncancio, S., Muñoz, J. G. C., & Sánchez, F. R. (2015). Estrategias de adaptación al cambio climático en dos localidades del municipio de Junín, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 227-237. <https://doi.org/10.22490/21456453.1282>
- Rubio, O. Á., Almeyda León, I. H., Ireta Moreno, J., Sánchez Salas, J. A., Fernández Sosa, R., Borbón Soto, J. T., Díaz Hernández, C., Garzón Tiznado, J. A., Rocha Rodríguez, R., & Cadena Hinojosa, M. A. (2006). Distribución de la punta morada y Bactericera

- cockerelli Sulc. En las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura técnica en México*, 32(2), 201-211.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0568-25172006000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Rwomushana, I., Bateman, M., Baela, T., Cameron, P., Beseh, P., & Tambo, J. (2018, octubre). *Fall Armyworm: Impacts and Implications for Africa*.
https://www.researchgate.net/publication/320899697_Fall_Armyworm_Impacts_and_Implications_for_Africa
- Sala Oe, F. C., & et al. (2000). Biodiversity - Global Biodiversity Scenarios For The Year 2100. . *Science* 287: 1770-1774. .
- Sala, C. J. (2000). Biodiversity - Global Biodiversity Scenarios For The Year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- Secor, G., & Rivera, V. (2004). Emerging diseases of cultivated potato and their impact on Latin America. *Revista Latinoamericana de la Papa (Suplemento)*, 1, 1-8.
- Tissue, S., & Wilensky, U. (2004). *NetLogo: Design and Implementation of a Multi-Agent Modeling Environment*. 10.
- Touch, V., Martin, R. J., Scott, J. F., Cowie, A., & Liu, D. L. (2016). Climate change adaptation options in rainfed upland cropping systems in the wet tropics: A case study of smallholder farms in North-West Cambodia. *Journal of Environmental Management*, 182, 238-246. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.039>
- Valbuena, D., Tui, S. H.-K., Erenstein, O., Teufel, N., Duncan, A., Abdoulaye, T., Swain, B., Mekonnen, K., Germaine, I., & Gérard, B. (2015). Identifying determinants, pressures and trade-offs of crop residue use in mixed smallholder farms in Sub-Saharan Africa and South Asia. *Agricultural Systems*, 134, 107-118.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.013>
- Wichern, J. (2019). *Food security in a changing world: Disentangling the diversity of rural livelihood strategies across Uganda* (p.) [Phd, Wageningen University].
<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/550926>

- Wilensky, U., & Rand, W. (2015). *An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*. The MIT Press; JSTOR. <https://doi.org/10.2307/j.ctt17kk851>
- Wood, S. A. (2014). "Smallholder farmer cropping decision related to climate variability across multiple regions" . *Global Environmental Change* , 25: 163-172.
- Zoya, L. G., & Roggero, P. (2015a). Modelos basados en agentes: Aportes epistemológicos y teóricos para la investigación social. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 60(225), 227-261. [https://doi.org/10.1016/S0185-1918\(15\)30025-8](https://doi.org/10.1016/S0185-1918(15)30025-8)
- Zoya, L. G., & Roggero, P. (2015b). Agent-Based Models: Epistemological and Theoretical Contributions to Social Research. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, 60(225), 227-261. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0185-19182015000300227&lng=es&nrm=iso&tlng=es

15. ANEXOS

Anexo N.º 1. Encuesta a productores

Objetivo: Entender el cambio de paisaje, diversidad, intensificación de pesticidas

- ¿Dónde vive? en que cantón queda eso? ¿Conoce la altura a la que vive?
- ¿Reconoce usted esta enfermedad? (Mostrar foto) Cuál es?
 - ¿Le cayó esta enfermedad?
 - ¿Hace cuánto tiempo le cayó esta enfermedad?
 - ¿Cuántas partes de su (s) lote (s) de papa perdió? (Todo, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $<\frac{1}{2}$)
 - **¿Qué no más hizo cuando le pegó esta enfermedad?**

Después de la enfermedad:

- ¿Cuántos quintales de papa siembra ahora después de que le cayó esta enfermedad?
- ¿Siembra menos papa que antes? ¿Por qué?
- ¿Si es así a que cultivo (s) cambio? ¿Por qué?
- ¿Y cuánto de este cultivo sembró (área)?
- ¿Qué variedades de papa sembraba siembra ahora?
- ¿Cuántas aplicaciones hace ahora o espera hacer en el ciclo?
- ¿De dónde consigue o consiguió su semilla después de que le cayó esta enfermedad?

Antes de la enfermedad:

¿Cuántos quintales de papa sembraba normalmente antes de la enfermedad?

¿Qué variedades de papa sembraba antes de la enfermedad?

¿Cuántas aplicaciones hacía en el ciclo antes de la enfermedad?

¿De dónde conseguía su semilla antes de la enfermedad?

Anexo N.º 2. Código del modelo

```

Archivos Editor Herramientas Tamaño Pestajes Ayuda
Ayuda | Información | Código
Buscar | Corregir | Procedimientos | [X] Guardar automáticamente

1 global [ rendimiento ..... variable de rendimiento
cultivos-sanos
cultivos-enfermos
otros-cultivos
total-de-cultivos
]

2 breed [ bugs bug ]
breed [ farmers farmer ]

3 bugs-on [ infestacion ciclo ] ..... variable X de infestacion
farmers-on [ agricultores aplican-mas decide? dejar-de-funigar ] ..... variable del número total de agricultores,
1 patches-on [ cultivos-sanos ..... variable número de Cultivos sanos,
cultivos-enfermos ..... variable número de Cultivos enfermos pop,
cultivos-sanos/otros ..... variable número de Cultivos sanos y otros cultivos,
rendimiento ..... 10 to/ hectareas
rendimiento ..... 8,5 to/ hectareas
rendimiento ..... 0 to/ hectareas
sur-agentes
morado
porcentaje-infestacion-uid
pesticidas
agricultores
]

4 to setup
clear-all
setup-bugs
setup-patches
contador
reset-ticks
end

5 to go
infestar-cultivos-sanos
productividad
move-bugs
reproducir-se
morir
..... Proceso de las respuestas de los agricultores/ primera medida de adaptación; el agricultor mira a su alrededor y si
..... hay mas de 5 cultivos del mismo
..... color el agricultor tomara la decision de cambiar de cultivo.
..... respuestas
if Cambio-de-cultivo [ decide count-patches infestar-cultivos-sanos ]
if Incremento-de-pesticidas [ decide evaluar count-patches ]
contador
tick
end

6 to setup-bugs
..... Se crea un porcentaje inicial de insectos, donde estos irán reproduciendose a medida que infectarán a los cultivos.
create-bugs 70 [ setxy random-encor random-ycor ]
ask bugs [ set color blue set shape "bug" ]
set ciclo 0
set heading 45
set infestacion true
]
end

7 to setup-patches
..... Aquí los patches se dividiran en tres colores, que representaran los lotes de los 100 agricultores que tendremos en el
..... modelo, el cual el mayor porcentaje a número
..... de lotes van hacer de color verde, los cuales van hacer infectados por ciclos.( cada ciclo representa un tick)

ask patches with [ pcolor mod 3 = 0 and pycor mod 3 = 0 ]
[set pcolor green ]

ask patches with [ pcolor mod 3 = 0 and pycor mod 3 = 0 ]
[set pcolor violet ]

ask patches with [ pcolor mod 3 = 0 and pycor mod 3 = 0 ]
[set pcolor brown ]

8 Pedida de adaptación de los agricultores, aquí se creará una persona por cultivo

ask patches [ if pcolor = violet [ sprout-farmers 1 ] ]
ask patches [ if pcolor = green [ sprout-farmers 1 ] ]
ask patches [ if pcolor = brown [ sprout-farmers 1 ] ]
ask farmers [ set color black
set decide? true
set shape "person"
]
end

9 to contador
set cultivos-sanos count patches with [pcolor = green]
set cultivos-enfermos count patches with [pcolor = violet]
set otros-cultivos count patches with [pcolor = brown]
set total-de-cultivos count patches with [pcolor = green or pcolor = violet or pcolor = brown]
end

10 ----- RESPUESTA 1 -----

11 to count-patches
..... incluir aquí un comando de update para que evalúe con respecto a lo que hubo el ciclo anterior
ask farmers [ set sur-agentes count farmers in-radius 4.5 ]
ask farmers [ set morado count patches in-radius 4.5 with [pcolor = violet]]

```

```

ask farmers [ set porcentaje-infectados-old ((morado / num-agents) * 100)] ""
ask farmers [ show porcentaje-infectados-old]

end

to decide
ask farmers [ if pcolor = green [if porcentaje-infectados-old > Componente-para-cambio-de-cultivos {set pcolor brown }]]
tick
end

[
]----- RESPUESTA 2 -----
to count-patches2
ask farmers [ set agricultores count farmers in-radius 4.5]
ask farmers [ set morado count patches in-radius 4.5 with [pcolor = violet]]
ask farmers [ set porcentaje-infectados-old ((morado / agricultores) * 100)]
ask farmers [ show porcentaje-infectados-old]

end

to decide3
ask farmers [if (porcentaje-infectados-old <= Componente-para-pesticidas) {set color black}]
ask farmers [if (porcentaje-infectados-old >= Componente-para-pesticidas) {set color red}]
ask farmers [set aplicar-mas (count farmers with [ color = red ] / count farmers )]

end

to evaluar
ask bugs [ if color = red [ die ]]
ask farmers [ if pcolor = violet and color = red [ set pcolor green ]]
ask farmers [ if pcolor = green and color = red [ set pcolor green ]]
ask farmers [ if color = red [ set dejar-de-fumigar dejar-de-fumigar + 1 ]]
ask farmers [ if dejar-de-fumigar > 3 [ set color black ]]
ask farmers [ if dejar-de-fumigar > 0 [ set dejar-de-fumigar 0 ]]

ask farmers with [ pcolor = violet ] with [ not decide? ] [ decidir ]

tick
end

[
]----- RENDIMIENTO O PRODUCTIVIDAD -----
to productividad
[
] [ Esta parte se evaluara el rendimiento en donde se tiene que los patches de color verde tendran el mayor rendimiento,
] [ el color morado tendra el 50% de rendimiento estos
] [ cada uno con un valor que sera representado en un grafico, y asi sabremos en rendimiento, donde mostrara que ha medida
] [ que hay mayor infeccion el rendimiento baja
] [ y si no hay infeccion el rendimiento puede variar, es decir no sera afectado.

ask patches [if pcolor = green {set rendimiento 17}]
ask patches [if pcolor = violet {set rendimiento 8.5}]
ask patches [if pcolor = brown {set rendimiento 0}]

end

[
]----- TRATAMIENTO CONTROL -----
[
] [ Aqui tenemos a los insectos que al tocar el cultivo de color verde, lo afectara, volviendolo morado.
] [ tenemos aqui que al tener cultivos de color morado, ya no habra afectado por que ya estar infectado ya no
] [ podra hacer nada mas al insecto.

to infectar-cultivosasanos
ask bugs [
  if pcolor = green [
    set pcolor violet
  ]
]
ask bugs [
  if pcolor = violet [
    set pcolor violet
  ]
]

end

[
] [ Puntaje de los insectos por alrededor del mundo, es decir volando por todo el campo infectado a los lotes.

to mover-bugs
ask bugs [
  right random 120
]
ask bugs [
  forward 1
  set ciclo ciclo + 1
]
ask bugs [
  if 2
  fd 1
]

end

[
] [ Aqui en esta accion los insectos se reproducen (1 insecto) al tocar el lote de color morado.

to reproducir
ask bugs [
  if pcolor = violet [
    set infeccion 50
    hatch 1 [ fd 0
      set color red
    ]
  ]
]

end

to morir
ask bugs [ if ciclo <= 1 [die]]
ask bugs [ if pcolor = violet [die] ]
]
ask bugs [
  if pcolor = brown [die]
]

end

```

Anexo N.º 3. Aval de traducción



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la señorita egresada de la Carrera de **INGENIERÍA AGRONÓMICA**, de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, **HERRERA TOAQUISA JAZMIN ALEXANDRA**, cuyo título versa **"MODELO BASADO EN AGENTES DE LAS RESPUESTAS DE LOS AGRICULTORES FRENTE A PUNTA MORADA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI"**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

M.Sc. Vladimir Sandoval V.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502104219



CENTRO
DE IDIOMAS

Anexo N.º4. Hoja de vida del tutor



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Unidad de Administración de Talento Humano



SIITH
Sistema Informático
Integrado de Talento
Humano

FECHA SIITH

Favor ingresar todos los datos solicitados, con absoluta veracidad, esta información es indispensable para el ingreso de los servidores públicos al Sistema Informático Integrado de Talento Humano (SIITH)



DATOS PERSONALES									
NACIONALIDAD	CÉDULA	PASAPORTE	AÑOS DE RESIDENCIA	NOMBRES	APELLIDOS	FECHA DE NACIMIENTO	LIBRETA MILITAR	ESTADO CIVIL	
Ecuatoriana	1709041102		tiene el extranjero	Elover Mauricio	Quimbulo Sanchez	17/06/1968		CASADO	
DISCAPACIDAD	N° CARNÉ CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD	MODALIDAD DE INGRESO	FECHA DEL PRIMER INGRESO AL SECTOR PÚBLICO	FECHA DE INGRESO A LA INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO AL PUESTO	GÉNERO	TIPO DE SANGRE	
				01/04/2017	12/04/2017	13/04/2017	masculino	O+ve	
MODALIDAD DE INGRESO LA INSTITUCIÓN				FECHA INICIO	FECHA FIN	N° CONTRATO	CARGO	UNIDAD ADMINISTRATIVA	
ejemplo: CONTRATO SERVICIOS PROFESIONALES				12/04/2017				Universidad Técnica del Cotopaxi AGRONOMIA	
TELÉFONOS			DIRECCIÓN DOMICILIARIA PERMANENTE						
TELÉFONO DOMICILIAR	TELÉFONO CELULAR	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	N°	REFERENCIA	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	
22787017	987294054	Suora	Itabamba	5.204	San Vicente	Pichincha	Quito	Moragaza	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL				AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA					
TELÉFONO DEL TRABAJO	EXTENSIÓN	CORREO ELECTRÓNICO INSTITUCIONAL	CORREO ELECTRÓNICO PERSONAL	AUTOIDENTIFICACIÓN ÉTNICA		ESPECIFIQUE NACIONALIDAD INDÍGENA		ESPECIFIQUE SI SELECCIONÓ OTRA	
			kleveradis@gmail.com	MESTIZO				SI	
CONTACTO DE EMERGENCIA				DECLARACIÓN JURAMENTADA DE BIENES					
TELÉFONO DOMICILIAR	TELÉFONO CELULAR	NOMBRES	APELLIDOS	N° DE NOTARÍA		LUGAR DE NOTARÍA		FECHA	
22787017	987294054	Adri	Rodriguez					13/04/2017	
INFORMACIÓN BANCARIA				DATOS DEL CÓNYUGE O CONVIVIENTE					
NÚMERO DE CUENTA	TIPO DE CUENTA	INSTITUCIÓN FINANCIERA	APELLIDOS	NOMBRES	N° DE CÉDULA	TIPO DE RELACIÓN	TRABAJO		
8064040200	AHORRO	Banco Ruralahua	Rodriguez	Adri	1714538576				
INFORMACIÓN DE HIJOS				FAMILIARES CON DISCAPACIDAD					
N° DE CÉDULA	FECHA DE NACIMIENTO	NOMBRES	APELLIDOS	NIVEL DE INSTRUCCIÓN	PARENTESCO	N° CARNÉ CONADIS	TIPO DE DISCAPACIDAD		
1718097999	12/03/1998	David Andrés	Quimbulo Rodriguez	TECNOLOGÍA					
1723915817	20/11/2003	Elisber Daniel	Quimbulo Rodriguez	TECNOLOGÍA					
FORMACIÓN ACADÉMICA									
NIVEL DE INSTRUCCIÓN	N° DE REGISTRO (BENEFIT)	INSTITUCIÓN EDUCATIVA	TÍTULO OBTENIDO	EGRESADO	ÁREA DE CONOCIMIENTO	PERÍODOS APROBADOS	TIPO DE PERÍODO	PAÍS	
4TO NIVEL - MAESTRÍA	0079-15-90260413	ESPE	Master en Agricultura Sostenible		Agricultura			Ecuador	
EVENTOS DE CAPACITACIÓN									
TIPO	NOMBRE DEL EVENTO (TEMA)		EMPRESA / INSTITUCIÓN QUE ORGANIZA EL EVENTO	DURACIÓN HORAS	TIPO DE CERTIFICADO	FECHA DE INICIO	FECHA DE FIN	PAÍS	
CURSO	Marketing Institucional		ESPE	19	APROBACIÓN	23-nov-06	27-nov-06	Ecuador	
PROGRAMA	Entrenamiento en manejo de empresas Lácteos		Varheoff Dairy Ltd.	240	APROBACIÓN	01/03/2007	30/03/2007	Canadá	
PASANTÍA	Manejo de granjas modelo		Polar Genetics INC	120	APROBACIÓN	01/05/2007	15/05/2007	Canadá	
PROGRAMA	Manejo de Fertilizantes Agroquímicos		Universidad del Sur de China	360	APROBACIÓN	05/06/2008	14/07/2008	China	
PROGRAMA	Tecnologías de Agroecología Permacultura		Universidad Nacional de Loja	20	APROBACIÓN	09/12/2011	11/12/2011	Ecuador	
CONGRESO	I Congreso Internacional de Ciencia Y Tecnología		Universidad San Francisco de Quito	24	APROBACIÓN	11/04/2018	15/04/2018	Ecuador	

CONGRESO	II Congreso Internacional de Ciencia Y Tecnología	Universidad Técnica de Cotacachi	34	APROBACIÓN	31/01/2018	31/01/2018	Ecuador
CONGRESO	I Congreso Internacional de Investigación Científica	Universidad Técnica de Cotacachi	34	APROBACIÓN	24/11/2017	24/11/2017	Ecuador
CONGRESO	I Congreso Internacional de Agricultura Sustentable	Universidad Técnica de Cotacachi	34	APROBACIÓN	25/09/2017	25/09/2017	Ecuador
CONFERENCIA	Actualización de Conocimiento	Universidad Técnica de Cotacachi	32	APROBACIÓN	29/04/2017	30/04/2017	Ecuador
TRAYECTORIA LABORAL RELACIONADA AL PUESTO							
NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN	UNIDAD ADMINISTRATIVA (DEPARTAMENTO / ÁREA / DIRECCIÓN)	DENOMINACIÓN DEL PUESTO	TIPO DE INSTITUCIÓN	FECHA DE INGRESO	FECHA DE SALIDA		MOTIVO DE SALIDA
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE	Carrera de Ciencias Agropecuarias	Jeefe de Producción	PÚBLICA-OTRA	21/06/1999	30/04/2015		RENUNCIA VOLUNTARIA FORMALMENTE PRESENTADA
MISIÓN DEL PUESTO							
Planificación y desarrollo de proyectos académicos y productivos de la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA 1							
ACTIVIDADES ESSENCIALES							
Elaboración de Proyectos académicos del la Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA,							
Control de ejecución de proyectos							
Encargado de prácticas de campo de varias asignaturas: Fruticultura, Nutrición vegetal, taller de campo de Toxicología, Y Agricultura Orgánica.							

* Adjuntar historia laboral del IESS hoja resumen

* Todos la información registrada en el presente formulario debe constar en el expediente personal del archivo que maneja la Dirección de Talento Humano

Anexo N.º 5. Hoja de vida del postulante

 <p>PROGRAMAS</p> <p>Microsoft office</p> <p>IDIOMAS</p> <p>Español: Natal</p> <p>REFERENCIA</p> <p>MSc. Israel Navarrete Asistente de Investigaciones Teléfono: 0983777659</p> <p>MSc. Klever Guimbiulco Investigador Y Docente Teléfono: 0987294064</p> <p>Ing. Galo Lopez Asesor Técnico Teléfono: 0999823301</p> <p>Ing. Carrillo Adrián Asesor Teléfono: 0993327783</p>	<p>HERRERA TOAQUISA JAZMIN ALEXANDRA</p> <p><i>QUIEN SOY:</i> Como recién graduada quiero formarme como profesional e impartir mis conocimientos aprendidos formando parte de una empresa. <i>Gracias a mi formación, considero que puedo desarrollándome profesionalmente en una compañía que coincida con mis valores y expectativas.</i> <i>Soy una persona optimista, organizada y trato de dar todo de mí, soy muy dedicada y sobre todo me gusta mucho trabajar en equipo y fomentar el compañerismo.</i></p> <p>DATOS PERSONALES</p> <p>Fecha de Nacimiento: 21 de octubre del 1995 Lugar de Nacimiento: Quito Edad: 24 años Nacionalidad: Ecuatoriana Ciudad de Residencia: Quito C.I.: 172551611-4 Estado Civil: Soltera Sector: San Fernando de Guamaní Dirección: Calle 26-276 transversal R. Teléfono: 0984556550 E-mail: jazmin.herrera6114@uta.edu.ec</p> <p>ESTUDIOS</p> <table border="1"> <tr> <td>QUITO</td> <td>Primaria Unidad Educativa Latinoamérica Unida (Sur-Quito)</td> </tr> <tr> <td>QUITO</td> <td>Secundaria Título: Ciencias Naturales Colegio Nacional Amazonas</td> </tr> <tr> <td>Año: 2015-2020 LATACUNGA</td> <td>Universidad Título: Ingeniera Agrónoma Universidad Técnica de Cotopaxi</td> </tr> </table>	QUITO	Primaria Unidad Educativa Latinoamérica Unida (Sur-Quito)	QUITO	Secundaria Título: Ciencias Naturales Colegio Nacional Amazonas	Año: 2015-2020 LATACUNGA	Universidad Título: Ingeniera Agrónoma Universidad Técnica de Cotopaxi
QUITO	Primaria Unidad Educativa Latinoamérica Unida (Sur-Quito)						
QUITO	Secundaria Título: Ciencias Naturales Colegio Nacional Amazonas						
Año: 2015-2020 LATACUNGA	Universidad Título: Ingeniera Agrónoma Universidad Técnica de Cotopaxi						

CURSOS

2007- 2008 (Quito)	<i>Centro Educativo Alianza Informática operador Y Programador De Sistemas (CCU)</i>
2017 (Latacunga)	<i>Primer Congreso Internacional De Agricultura Sostenible Cide (Universidad Técnica De Cotopaxi)</i>
De 13/06/2019 (Santa Elena)	<i>Capacitación Sobre Extracción Rural Y La Sociología Del Sector Agrícola De La Provincia</i>
De 21/01/2019 23/01/2019 (Latacunga)	<i>Congreso Binario Ecuador- Perú Agropecuario, Medio Ambiente y Turismo 2019</i>
De 14/01/2020 16/01/2020 (Latacunga)	<i>Recuperación y Conservación Sustentable de Suelos</i>
De 05/02/2020 07/02/2020 (Latacunga)	<i>Difusión de Metodologías de la Investigación Agrícola</i>
2020 (Latacunga)	<i>Jornadas De Recuperación Y Conservación Sustentable De Suelos</i>
2020 (Quito)	<i>Seminario Genética De Pesticidas Y Programa De Manejo Y Rotación (CIP – INIAP-EESC – IICA)</i>

EXPERIENCIA LABORAL

PRACTICAS PRE-PROFESIONALES
CARGO NO REMUNERADO

De 05/08/2019 04/09/2019	CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP) y la Universidad de Wageningen Apoyo en el Proyecto "Entendiendo la degeneración de semilla de papa en los Andes" Tareas realizadas: En el área de investigación específicamente en las actividades de creación de base de datos de literatura para punta morada, facilitación de grupos focales con agricultores de la provincia de Cotopaxi, procesamiento de datos cualitativos, seguimiento con agricultores .
-----------------------------	---

	<p>De 09/09/2019 04/10/2019</p>	<p>UNIVERSIDAD DE ALMERIA ESPAÑA- ÁREA DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA DEL DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA.</p> <p>Apoyo en el proyecto "Europeo H2020 Soilcare for profitable and sustainable crop production in Europe"</p> <p>Tareas realizadas: realizando tareas analíticas en laboratorio sobre muestras de suelo, además recibiendo instrucción acerca de técnicas, sistemas e infraestructura necesaria para el cultivo intensivo de hortalizas propia de la provincia de Almería</p>
	<p>De 25/10/2019 10/12/2019</p>	<p>CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)</p> <p>Apoyo en el Proyecto "Biodiversidad y buenas prácticas de agricultura climáticamente inteligente para mejorar la resistencia y productividad de la agricultura familiar en sistemas alimentarios Andinos basados en papa"</p> <p>Tareas realizadas: contribuí a la realización de las capacitaciones y coordinación de los grupos focales.</p>
	<p>De 17/11/2019 00/00/2020</p>	<p>Participo como tesista con la creación de un modelo basado en agentes utilizando el software Netlogo.</p> <p>CONTRIBUÍ EN EL PROYECTO: "Understanding potato seed degeneration in the Ecuadorian Highlands: A PhD proposal"</p> <p>Realizando encuestas para conocer el manejo de la semilla de papa, análisis de datos obtenidos, entrevistas a agricultores, GIS, lidere jornal club discussions y diseño estudios.</p>